

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE ANAPOIMA.**

(CUNDINAMARCA)

WILMAR LEONARDO MANRIQUE BERNAL

NESTOR STEVEN NEGRETE PINILLA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y EMPRESARIALES

GIRARDOT 2019

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE ANAPOIMA.**

(CUNDINAMARCA)

WILMAR LEONARDO MANRIQUE BERNAL¹

NESTOR STEVEN NEGRETE PINILLA²

SANDRA PALACIOS

TUTORA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y EMPRESARIALES

GIRARDOT 2019

¹ ESTUDIANTE DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL CODIGO ED. 21310327

² ESTUDAINTE DE INGENIERIA FINANCIERA CODIGO ED. 21510121

Nota de aceptación:

Director de Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Girardot, 2019

Contenido

1. INTRODUCCION	8
2. JUSTIFICACION.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
4. ANTECEDENTES.....	12
5. DESARROLLO PROPUESTA	13
6. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
7. DAÑO AMBIENTAL DE LA PLANTA	16
POSITIVO	16
NEGATIVO	16
8. MARCO TEORICO.....	17
9. MARCO CONCEPTUAL.....	19
10. MARCO LEGAL	23
11. METODOLOGÍA.....	25
Tipo de investigación: Cuantitativa experimental.	25
Diseño Metodológico:.....	25
12. ASPECTOS OPERACIONALES Y CONCEPTUALES:	26
Fase 1: DIAGNÓSTICO:.....	26

INSPECCIÓN DE LA PTAR.....	26
Recopilación de información técnica de la PTAR	26
Pruebas hidráulicas.....	26
Muestreos	26
Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas	27
FASE 2: DISEÑO DE ALTERNATIVAS:	27
Recopilación de información de las unidades y normatividad.....	27
Determinación de puntos críticos y unidades a reformar	27
Elaboración de alternativas	27
FASE 3: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	28
MUESTRA E INSTRUMENTOS:	28
CARACTERIZACIÓN DE LA PTAR	29
EL TRATAMIENTO PRIMARIO.....	30
TRATAMIENTO SECUNDARIO	31
OPERACIÓN DE LA PTAR	33
13. RESULTADOS	35
Fase I diagnóstico.....	35
Caracterización del afluente:	35
Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del Afluente.....	37
INSPECCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	37

Recopilación de información técnica de la Planta de Tratamiento de Agua Residual:.....	40
FASE II: DISEÑO DE ALTERNATIVA.....	41
Cambio de coagulante:	41
DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	46
Alternativa I:.....	46
Alternativa II:	46
Alternativa III:.....	46
FASE III: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	46
14. TRATAMIENTO EMERGENTE DE LA PLANTA.....	50
15. CONCLUSIONES.....	51
16. RECOMENDACIONES	53
17. REFERENCIAS	55
18. ANEXOS	57

Lista de tablas

Tabla 1 Leyes para manejo del agua.....	24
Tabla 2 Valores de diseño de Reactores	31
Tabla 3 Digestor de Lodos.....	33
Tabla 4 Análisis de complejidad.....	43
Tabla 5 ALTERNATIVAS.....	48
Tabla 6 Rentabilidad de las Alternativas	49

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 SPLADORES Y FLAUTA DE AIREACIÓN	32
Ilustración 2 Planta de Aguas Residuales en Anapoima, Cundinamarca	35
Ilustración 3 Curva de cloro Residual	45

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1 Velocidad Selección D.....	44
---------------------------------------	----

1. INTRODUCCION

El siguiente trabajo tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio de Anapoima, Cundinamarca, a través del mejoramiento de su planta de tratamiento de agua residual. Según recopilación bibliográfica realizada, el índice de riesgo por la calidad de agua (IRCA) es alto, lo que podría representar una de las causas de enfermedades de tipo gastrointestinales, es por ello por lo que surgió la necesidad de prevenir esta situación de baja calidad del agua y de llevar a los administradores de este servicio a mejorar la calidad de esta por medio de un plan de mejoramiento.

Los procesos de evaluación de las PTAR se centran en el análisis de los vertimientos garantizando las características previamente descritas, posteriormente se revisa cada proceso dentro de la planta identificando así los puntos a intervenir y con fundamento en esto se diseñaron tres alternativas que se basan principalmente en: una primera alternativa donde se realiza la recolección de datos y la evaluación preliminar de la planta de tratamiento de agua residual del municipio, en dónde se determinarán las condiciones actuales de servicio y de vertimientos, posteriormente se realizarán diversos ensayos de laboratorios y pruebas donde se determinarán los mejores procesos y los cambios estructurales a considerar, por último se realizarán modelos de aplicación y estimaciones a futuro para evaluar el comportamiento de la planta con las nuevas especificaciones destinadas al mejoramiento de la planta, acompañadas de algunas recomendaciones en cuanto a la selección de la alternativa económica y ambientalmente más viable, esto con el fin de que la empresa de servicios públicos del municipio implemente una de ellas y se logre un mejor funcionamiento.

De igual manera se realizarán propuestas para mejorar los tratamientos físicos realizados dentro de la planta, así como modificaciones en estructuras, periodos de limpieza para las mismas estructuras con el fin de evitar acumulación de materiales que retrasen la operación de la planta. A continuación, se describe el proceso realizado para intervenir las operaciones realizadas en la planta, propuestas llevadas a cabo mediante la observación y el análisis de cada estructura dentro de la planta y evaluando su eficiencia dentro de la función que debe desempeñar.

2. JUSTIFICACION

Este trabajo surge como una iniciativa para mitigar el problema de la contaminación de las fuentes hídricas producto de los vertimientos mal administrados por parte de los organismos pertinentes.

El objetivo es optimizar las estructuras y los procesos utilizados en la PTAR del municipio de Anapoima (Cundinamarca), garantizando un funcionamiento tal que permita a la planta cumplir con el adecuado funcionamiento. Esta propuesta de mejoramiento ambiental pretende no solo mejorar la calidad distribuida dentro del casco urbano sino también elevar la calidad de vida de los habitantes de esta zona del municipio.

Apoyando las metas del plan de desarrollo del municipio se quiere con este proyecto lograr que la calidad del agua consumido por los habitantes de la cabecera no represente un riesgo para los mismos, generando así mayor confianza a los suscriptores de este servicio, tanto en el uso como en el consumo diario de este recurso.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Formular el plan de manejo ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Anapoima, Cundinamarca.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las problemáticas generadas sobre las condiciones de salubridad ambiental y sus consecuencias por la falta de funcionamiento de la PTAR.
- Proponer alternativas para el mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del municipio, teniendo en cuenta las caracterizaciones, pruebas hidráulicas y eficiencias de las unidades.
- Valorar la alternativa de mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual más viable con base en criterios económicos y ambientales del municipio de Anapoima, Cundinamarca.

4. ANTECEDENTES

El municipio de Anapoima posee desde 2000 un acueducto urbano³; El funcionamiento de esta planta de tratamiento de aguas residuales se vio interrumpido por algunas fallas en el año 2007 y es por ello que la Dirección de Agua Potable, residual y Saneamiento Básico de Cundinamarca decide firmar un contrato para la reconstrucción de la PTAR (planta de tratamiento de agua residual y la construcción adicional de un sistema de filtros, pero en el año 2008 la administración determina la liquidación unilateral del contrato debido a que el contratista que había recibido el anticipo no ejecuta la obra.

Para el año 2010 aún no estaba en funcionamiento la PTAR, a causa de los problemas de construcción vistos desde 2007 y sumado a esto la falta de mantenimiento de la misma; adicional a lo anterior, para este año no se había constituido la Oficina de Servicios Públicos Domiciliarios - por lo cual no existía coordinación en cuanto a la prestación del servicio, a pesar del mal estado tanto del servicio como de la PTAR, la alcaldía da un primer paso para poner fin a esta situación a través de acciones inmediatas como lo fueron: la contratación de un operario para el mantenimiento de esta. (Manrique, 2019)

³ Incluye una planta de tratamiento de agua residual compacta entregado por la administración municipal a partir del suceso mencionado se aprecia la existencia de una herramienta para la potabilización del agua usada para consumo dentro del municipio. (Anapoima-Cundinamarca, Alcaldía de, s.f.)

5. DESARROLLO PROPUESTA

El tratamiento de agua residual en un reactor esta propuesta de mejoramiento se realizará mediante fases o etapas en las cuales se van desarrollando procesos biológicos en los cuales se permite la degradación y síntesis de la materia orgánica.

Se tendrá una Influencia directa tanto en un aumento de la capacidad de la planta tanto en su caudal de servicio como en las características de los vertimientos que puede tratar. De igual manera se aumentará el periodo de diseño de la planta, la relevancia que presenta su operación en el ecosistema y la huella ecológica del municipio. (Manrique, 2019)

Adjuntara la optimización de los procesos, se contemplará un ahorro económico evitando la utilización excesiva de energía eléctrica como de horas hombre en su operación, de manera que al municipio le representa mejores comportamientos económicos en este sector, y sí lograr que toda la comunidad se beneficie adecuadamente de esta planta sin ningún riesgo a contraer algún tipo de enferma.

6. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En principio es fundamental establecer que el punto de evaluación de la PTAR del municipio de la Anapoima se fundamenta tanto en la resolución 0631 sobre los límites admisibles de los vertimientos puntuales, como en el título y del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS, 2000).

Uno de los inconvenientes que presenta cualquier proceso de mejoramiento es la proyección de la población servida, en este caso el municipio de La Anapoima presenta un alto índice de crecimiento y un marcado cambio en su actividad económica, por que surge la necesidad de contemplar primordialmente las afectaciones de este comportamiento. Estas conductas implican un crecimiento no solo en el caudal de servicio de la PTAR del municipio sino también en las características de las aguas a tratar, de manera tal que la optimización de procesos y la infraestructura de la planta permiten mejorar la capacidad y el alcance de esta, adicionalmente los vertimientos de la planta tendrán un impacto cada vez más insignificante sobre los cuerpos de agua. El incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de contaminación, irremisiblemente asociado a un mayor nivel de desarrollo, algunas características naturales (sequías prolongadas, inundaciones) y en definitiva una sobreexplotación de los recursos hídricos ha conducido a un deterioro importante de los mismos.

La mitigación de la contaminación de los cuerpos de agua produce grandes huellas ecológicas en el entorno en que se llevan a cabo, entendiendo las huellas ecológicas como: el área productiva que se requiere para mantener una población, e incluye todos los

recursos renovables y no renovables necesarios para suministrar alimentos, energía, agua y materiales, y para absorber las emisiones y los residuos generados en el núcleo urbano (Velásquez, 2005).

Por principios de hidráulica se sabe que, a mayor caudal de servicio en la planta, la afectación sobre el cuerpo de agua donde se hace el vertimiento es mayor. De igual manera, cuando las características del agua a tratar son modificadas (producto de los cambios en las actividades económicas de la región), así mismo los tratamientos presentes en la planta deben replantear sus procesos para poder tratar efectivamente dichas características.

De acuerdo lo dicho anteriormente se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo está la PTAR del municipio de Anapoima funcionando según los estatutos que rigen el manejo de aguas residuales y su operación es lo suficientemente efectiva?

7. DAÑO AMBIENTAL DE LA PLANTA

POSITIVO

Influencia directa tanto en un aumento de la capacidad de la planta tanto en su caudal de servicio como en las características de los vertimientos que puede tratar. De igual manera se aumenta el periodo de diseño de la planta, la relevancia que presenta su operación en el ecosistema y la huella ecológica del municipio.

NEGATIVO

Los principales inconvenientes presentes para la realización del proyecto recaen en la falta de equipo necesario para el diseño óptimo de una PTAR, por consiguiente, se plantea recurrir a formulaciones y métodos alternativos para la estimación de los valores no obtenidos en el laboratorio, la falta de legislación sobre vertimientos domiciliarios, industriales y comerciales evita que la planta pueda tener un funcionamiento constante, ya que en un momento dado se pueden disponer en el alcantarillado sustancias o cuerpos que no se contemplan en la operación normal de la planta.

El actual proceso se cambió y mejoramiento que presenta la planta, evita que se estudie adecuadamente su operación, ya que se desconoce el efecto real que los nuevos equipos tendrán sobre la operación de la planta, además de la fecha de inicio de su operación. Por tal motivo, el estudio realizado sobre la planta se realizará de manera somera y las propuestas realizadas se enfocarán en la parte hidráulica y de sanidad.

8. MARCO TEORICO

Para la valoración de un proyecto, a través de su proyección ya sea desde el lado público o privado, se debe mirar desde el punto de vista financiero costo-beneficio, y el valor del proyecto para poder financiarse,

Varios académicos y profesionales del mundo de los negocios han señalado, más de una vez, que la valoración de empresas es, en gran medida, un arte para manejar los números a partir de unos objetivos definidos..., sin embargo, realizar esta actividad requiere del conocimiento profundo de las dificultades y problemas asociados para asignarle un valor real a una empresa en marcha. (Narváez Licerias, 2009)

Lo que, si es cierto, de acuerdo con cada analista profesional, de acuerdo con su modelo de valoración, el cual en el mundo son infinitos y se pueden usar propios, son diferentes los valores de precio del proyecto y su valoración. Aunque la valoración de empresas no es una actividad nueva tampoco hacía parte de los procesos administrativos convencionales de las empresas. La presión por resultados asociados con el incremento del valor económico del patrimonio que en los últimos años se ha venido dando sobre los gerentes ha generado en ellos preocupación por el tema hasta el punto de que en la actualidad muchas empresas tienen incorporados en sus modelos de proyección financiera y medición de gestión tanto el cálculo de su valor como indicadores que deben utilizarlo. Entre ellos se destacan medidas como el incremento del Valor Agregado de Mercado y la Rentabilidad Total.

El modelo del descuento de flujos de caja está considerado como uno de los modelos estándar de valoración de activos. Además de la selección y estimación de las tasas de descuento, el principal problema para su aplicación en la práctica es el modelado de la corriente de flujos a descontar. Cuando el activo valorado es una empresa este problema es

especialmente relevante, ya que normalmente se asume que las empresas tienen una duración indeterminada en el tiempo. Por tanto, teóricamente el horizonte de valoración tiende a infinito, no existe valor terminal para la inversión, y debe estimarse una corriente ilimitada de flujos de caja. La solución básica que suele adoptarse consiste en realizar una proyección limitada de los flujos a descontar, y estimar el valor terminal (o valor de salida) mediante una perpetuidad. (Blanco Pascual, 2009)

9. MARCO CONCEPTUAL

Agitación hidráulica: Movimiento obtenido al aprovechar la energía del agua para producir turbulencia. (Galván Meraz, 2007)

Agitación mecánica: Movimiento obtenido mediante dispositivos mecánicos (paletas, aspas, etc.) para producir turbulencia. (Galván Meraz, 2007)

Agua dura: Agua que contiene cationes divalentes y sales disueltas en concentraciones tales que interfieren con la formación de la espuma del jabón. (Galván Meraz, 2007)

Carga de diseño: Producto del caudal por la concentración de un parámetro específico; se usa para dimensionar un proceso de tratamiento, en condiciones aceptables de operación. Tiene unidades de masa por unidad de tiempo, (M/T) (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

Desarenador -desengrasador: es una variante del desarenador convencional, empleado en grandes instalaciones depuradoras. En este tipo de canales aireados además de remover las arenas y otras partículas de peso específico similar, se retirarán también grasas, aceites, espumas y otro material flotante que pueden causar interferencia en los tratamientos posteriores y que, incluso, (como en el caso de las grasas) podrían promover la aparición organismos filamentosos causantes del bulking en los reactores biológicos (Lozano-Rivas, 2012).

DQO: la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias (Romero, 2004), es decir, en una muestra de agua bajo parámetros específicos de agente oxidante, temperatura y tiempo (Rodríguez, 2007).

Flujo intermitente: conocidos también como de llenado y vaciado, o reactores por cochada, son unidades que se llenan con un volumen de agua residual (etapa de llenado), se tratan estas aguas (etapa de tratamiento) y se vacía (etapa de vaciado) para dar lugar a una nueva carga con otro volumen de aguas residuales. Se usa frecuentemente en aguas residuales industriales, en donde la descarga de efluentes líquidos no se realiza de manera continua, sino en periodos o lapsos del día. Aunque este fue el modelo de reactor que empezó a usarse en los inicios del tratamiento de aguas residuales municipales, el rápido crecimiento de las ciudades obligó a cambiar estos reactores por otros de funcionamiento continuo. También se usa mucho en investigaciones y experimentos de laboratorio debido a la comodidad que supone el no trabajar con flujos constantes de agua (UNAD, s.f.)

Lodos activados: consiste en una masa floculante de microorganismos, materia orgánica muerta y materiales inorgánicos; tiene la propiedad de poseer una superficie altamente activa para la adsorción de materiales coloidales y suspendidos, a la cual debe su nombre de activado. Cuando se ha usado la capacidad de almacenamiento total del lodo, el lodo deja de ser activo en el sentido asertivo. La actividad se recupera solamente después de un período de aireación durante el cual el material orgánico se emplea en oxidación y síntesis. Este proceso de aireación, con el propósito de restablecer la actividad y estimular la capacidad asertiva, se reconoce como estabilización del lodo (Romero, 2004).

Reactor discontinuo secuencial: de acuerdo con la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos un “Sequencing Batch Reactor” (SBR) es un sistema de lodos activados para tratamiento del agua residual que utiliza ciclos de llenado y descarga. En este sistema el agua residual entra en una tanda a un reactor único, recibe tratamiento para remover componentes indeseables y luego se descarga (Raigosa, 2007). En estos reactores el agua residual se mezcla con un lodo biológico en un medio aireado (Rem Tavares, 2006)

Trampa de grasas: son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

Escherichia Coli (E-Coli): Bacilo aerobio gram-negativo que no produce esporas, pertenece a la familia de las enterobacteriáceas y se caracteriza por poseer las enzimas Galactosidasa y Glucoroanidasa. (Galván Meraz, 2007)

Filtración: Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso. (Galván Meraz, 2007)

Floculación: Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada. (Galván Meraz, 2007)

Mezcla rápida: Agitación violenta para producir dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua. (Galván Meraz, 2007)

Mezcla lenta: Agitación suave del agua con los coagulantes, con el fin de favorecer la formación de los flóculos. (Galván Meraz, 2007)

Número de Reynolds: Relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas de fricción. (Galván Meraz, 2007)

Pérdida de carga: Disminución de la energía de un fluido debido a la resistencia que encuentra a su paso. (Galván Meraz, 2007)

Número de Froude: Relación entre las fuerzas inerciales y la fuerza de gravedad. $Fr = V^2 / (L * g)$ donde V es la velocidad, L la longitud característica y g la constante de la gravedad. (Galván Meraz, 2007)

10. MARCO LEGAL

La principal pauta que rige todas las obras hidráulicas en el país es el Reglamento Técnico del Sector de Agua Residual y Saneamiento Básico (RAS), cuya versión aprobada es la realizada en el año 2000 y cuya última actualización es la del año 2011, sin embargo, esta última versión aún está en proceso de aprobación, por lo cual se sigue utilizando el RAS 2000. Dentro de la norma establecida, el título encargado de todo el sector de manejo de aguas residuales y vertimientos es el Título E, en el cual se encuentran “generalidades, caracterización de las aguas residuales, sistemas de tratamiento en el sitio de origen, sistemas centralizados, emisarios submarinos, aspectos de operación y mantenimiento y un Anexo con metodologías de diseño recomendadas

LEY	DESCRIPCION
Constitución Política Nacional	Señala responsabilidades al Estado en materia de prevención y control de los factores de deterioro ambiental, a través de la imposición de sanciones legales y de la exigencia de la reparación de los daños causados al medioambiente.
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Ley 1333 de 2009	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.

<p>Ley 812 de 2003 (Plan Nacional de Desarrollo 2002- 2006)</p>	<p>Establece el Programa “Manejo Integral del Agua”, con énfasis en la prevención y control de la contaminación hídrica, basada en la formulación e implementación del plan de manejo de aguas residuales, de acuerdo con los lineamientos del CONPES 3177 de 2002</p>
<p>Decreto 1594 de 1984</p>	<p>Establece criterios de calidad de los cuerpos de agua en función de sus usos potenciales y determina límites máximos permisibles de sustancias de interés sanitario y ambiental, contenidas en los vertimientos. Amplifica el concepto de Tasa Retributiva y reglamenta los permisos de vertimientos.</p>
<p>Resolución 1433 de 2004</p>	<p>Por la cual se reglamentan los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se obliga a los operadores del sistema de alcantarillado al establecimiento de los objetivos de reducción del número de vertimientos puntuales.</p>
<p>Ley 1333 de 2009</p>	<p>Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.</p>
<p>Ley 9 de 1979 (Código Sanitario Nacional)</p>	<p>Fija los procedimientos y las medidas para la regulación y control de los vertimientos.</p>

Tabla 1 Leyes para manejo del agua

Elaborado por autor

11. METODOLOGÍA

Tipo de investigación: Cuantitativa experimental.

Una investigación cuantitativa parte de un problema definido por el investigador y busca validar o no una hipótesis determinada; dentro de esta clasificación se encuentra el subgrupo experimental, el cual tiene como objetivo principal explicar la relación de causa-efecto entre dos o más variables, además de ello implica que el investigador actúe sobre el estado de algunos sujetos de estudio mediante tratamientos que desea evaluar. (Solana, 1986)

Diseño Metodológico:

El parámetro de diseño que se tiene en cuenta y bajo el cual se seleccionaron los días a muestrear es el caudal, este parámetro es elegido debido a que el funcionamiento de la planta depende principalmente de éste.

Variables:

- o Dependiente: Calidad del agua para consumo humano.
- o Independiente: Caudal, temperatura, clima, características de la fuente captada, eficiencias de cada unidad de la planta de tratamiento, coagulantes y floculantes, ubicación de la PTAP y población.

12. ASPECTOS OPERACIONALES Y CONCEPTUALES:

Fase 1: DIAGNÓSTICO:

Durante esta fase se realizaron visitas periódicas al municipio y principalmente se desarrollaron las siguientes actividades:

INSPECCIÓN DE LA PTAR

Revisión de dimensiones, materiales, estado de las unidades componentes de la PTAP, observación de eventos no comunes en el agua (turbulencias, elementos flotantes, entre otros), correcto funcionamiento de las unidades, ubicación y demás condiciones que influyan sobre la PTAR.

Recopilación de información técnica de la PTAR

Estudio del diseño actual de la planta, teniendo en cuenta los planos e información adicional (memorias de cálculo), compilación de datos poblacionales actuales y cálculo de la población futura, además de las instalaciones de seguridad, laboratorio y de control-dosificación.

Pruebas hidráulicas

Vaciar cada una de las unidades componentes de la PTAR y posteriormente dejar fluir agua dentro de ellas evaluando las características de funcionamiento, con el fin de identificar problemas de construcción/operación de estas.

Muestras

Recolección de muestras representativas tanto en la fuente superficial de la cual se abastece el municipio como del efluente de la PTAR.

Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas

Se realizarán las siguientes pruebas en laboratorio de las muestras recolectadas: Color aparente, turbiedad, PH, Cloro residual, alcalinidad total, temperatura y solidos sedimentales.

FASE 2: DISEÑO DE ALTERNATIVAS:

Durante esta fase se desarrollan diseños del sistema de tratamiento para el agua residual del municipio, basados en los resultados de las caracterizaciones realizadas además del cumplimiento de los estándares de calidad mencionados en la normatividad vigente, lo que permitió ejecutar el balance de cargas y la determinación de las unidades a implementar.

Recopilación de información de las unidades y normatividad

Compilación de información relativa a las unidades de tratamiento de agua potable y normatividad vigente en cuanto a calidad de agua.

Determinación de puntos críticos y unidades a reformar

Análisis de unidades o puntos críticos del sistema de tratamiento de agua potable.

Elaboración de alternativas

Realización de diseños del sistema de tratamiento de agua potable.

FASE 3: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

A partir de los diseños realizados para el tratamiento de agua potable se eligió el diseño económicamente viable y ambientalmente sostenible. Esta selección estuvo sujeta al área disponible, unidades de tratamiento existentes y eficiencia de estas.

- Identificación de aspectos económicos y ambientales de cada alternativa
- Comparación y recomendación

MUESTRA E INSTRUMENTOS:

MUESTRAS:

Se tomarán muestras tanto en la fuente superficial como en el efluente, para ello se han establecido:

Fuente superficial: se tomarán 2 muestras puntuales in-situ, distribuidas de la siguiente manera: 1 en el mes de agosto y 1 en el mes de septiembre, tomadas los viernes (mayor consumo de agua potable) y los miércoles (menor consumo de agua potable).

Efluente: Se tomarán muestras in-situ en cada una de las unidades, durante los 2 muestreos programados para la fuente superficial.

Además de lo anterior, reconociendo que las condiciones climáticas son un factor importante dentro de la práctica de los muestreos, se tuvieron como puntos de referencia para la selección de la semana a muestrear que fueran semanas en las cuales habían

prevalecido parámetros como el brillo solar o la precipitación, para asemejarlo con períodos de verano e invierno respectivamente, esto con el objeto de analizar el caudal de la fuente en los períodos mencionados e identificar el aumento o disminución de contaminantes por el arrastre de compuestos a causa de la precipitación.

INSTRUMENTOS:

Recipientes plásticos, recipientes de vidrio, botellas plásticas, botellas de vidrio ámbar, conos Inhof, peachímetro, multiparámetro, GPS, guantes, cofias, tapabocas, bata, kits, nevera, hielo, hospedaje, beackers, laboratorio, computador, libros, papel bond pliego, plotter, impresora, cartucho negro, cartucho de color, demás papelería, transporte dentro de la ciudad, hojas carta, carpetas de presentación, sobres de manila, demás instrumentos para caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas.

CARACTERIZACIÓN DE LA PTAR

La PTAR del municipio de Anapoima está ubicada en las afueras del municipio, por la vía La Anapoima – San Antonio de Anapoima seguidamente del puente del río Apulo. La planta recibe todas las aguas recolectadas por la red de alcantarillado de la cabecera municipal; sistema que consiste en un alcantarillado mixto, cuyos aportes de aguas residuales son únicamente de uso doméstico, institucional y comercial, con el correspondiente aporte de las aguas lluvias.

La PTAR cuenta actualmente con un tratamiento primario, un tratamiento secundario y un manejo de lodos, para tratar un caudal máximo de 32 l/s.

EL TRATAMIENTO PRIMARIO

De la planta es un tratamiento enteramente físico que se utiliza para la remoción de todo material particulado, tales como: arenas, gravas e incluso residuos sólidos de gran tamaño.

Este tratamiento consiste en:

Rejilla de cribado: es una estructura compuesta por dos rejillas metálicas con inclinación de 45° y dimensiones de 1.20m de ancho con platinas de 2mm, con espaciamientos de 4cm la primera rejilla, mientras que la segunda tiene un espaciamiento de 1.5cm, cuenta con una bandeja de escurrimiento en concreto perforada de 50cm como se muestra en la ilustración 2. Ésta estructura es la encargada de realizar la retención de grabas y residuos sólidos de gran tamaño. Su limpieza y mantenimiento se hace manualmente por un operario cada 4 horas.

Vertedero de excesos: una estructura en concreto reforzado de 4.18m*1.25m*1.00m como se muestra en la ilustración 3, que vierte directamente el agua sobre el río cuando el caudal entrante excede el caudal máximo de la planta.

Canaleta Parshall: es una canaleta de 9” utilizada con el fin de aforar el caudal en determinados intervalos de tiempo.

Sedimentadores: dos sedimentadores por gravedad de sección variable dispuestos en paralelo funcionando uno a la vez para funciones de mantenimiento y limpieza. La

estructura tiene una longitud de 11.5m disponiendo también de un lecho de secado de arenas y un lecho para la evaporación de los líquidos drenados, en el lecho de secado de arenas, tal como se muestra en la ilustración 5, su función es eliminar arenas y arcillas de gran tamaño.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

La segunda etapa del tratamiento de la PTAR abarca un tratamiento biológico gracias a que el agua residual tratada en la planta no presenta aportes de industrias y ningún tipo de químico peligroso que deba contemplar un tratamiento de tipo químico. Este tratamiento cuenta con las siguientes estructuras.

Reactores SBR: o reactores discontinuos secuenciales, son 2 estructuras en concreto reforzado de 18.6m*13.4m*7.0m. Los valores de diseño de las principales características sanitarias de cada reactor.

PARAMETRO	VALOR
Caudal de diseño	2764 m ³ /día
DBO5 de diseño	207 mg/l
Carga orgánica de diseño	572 kg <i>DBO5</i> día/
Sólidos suspendidos totales de diseño	150 mg/l
Volumen promedio de diseño	1367 m ³
Tiempo de retención promedio de diseño	11.9 h

Tabla 2 - Valores de diseño de Reactores

Fuente: Manual de operación PTAR de Anapoima

Aireación Las aguas residuales, después de pasar por el tanque séptico, se conducen por gravedad al tanque de aireación, donde se le suministra oxígeno a través de un compresor para cambiar la condición anaerobia por aerobia, de tal forma se evitan malos olores en la laguna.



Ilustración 1 SPLADORES Y FLAUTA DE AIREACIÓN

Fuente: Propia

Tanque digester de lodos: es una estructura en concreto reforzado de 13.4m*9.1m*3.4m que cuenta con los siguientes componentes:

EQUIPO: DIGESTOR DE LODOS			
PARTE 1: MOTOR		PARTE 2: CARACTERÍSTICAS	
Marca	N/A	Marca	Agua SBR
Número	N/A	Número	N/A
Clase	P	Tipo	Flotante
Potencia	20 HP 440 V	Modelo	N/A
Fases	3	Ref. Correas	N/A
Frecuencia	60 Hz	Tipo de aceite	N/A
RPM	1180	Tipo de grasas	N/A
Costo del equipo	N/A	Caudal	N/A

Tabla 3 Digestor de Lodos

Fuente: Manual de operaciones, PTAR municipio Anapoima

OPERACIÓN DE LA PTAR

Debido a la ausencia de aportes industriales sobre la red de alcantarillado el tratamiento realizado en la PTAR no requiere de un tratamiento químico, ya que no presenta concentraciones de sustancias que requieran de dicho proceso. Debido a lo anterior el tratamiento realizado en la planta sólo cuenta con procesos físicos y biológicos.

Tratamiento físico

En este tratamiento se eliminan toda clase de sólidos no solubles en agua y que por tal razón se pueden remover por procesos como el cribado, la sedimentación, entre otros.

La planta actualmente maneja los procesos de cribado, para sólidos no solubles de gran dimensión y la sedimentación, para aquellos sólidos no solubles de dimensiones mucho menores. Sin embargo, una de las grandes fallas de esta fase es la omisión del tratamiento a grasa y aceites ya que estas sustancias deterioran el adecuado proceso de degradación de la materia orgánica en los reactores SBR.

Tratamiento biológico

El tratamiento de agua residual en un reactor SBR se realiza mediante fases o etapas en las cuales se van desarrollando procesos biológicos en los cuales se permite la degradación y síntesis de la materia orgánica. La homogenización de caudales, la aireación y la sedimentación son operaciones que también se logran con estos reactores (Raigosa, 2007).

13. RESULTADOS

Fase I diagnóstico

Durante esta fase se realizaron visitas periódicas al municipio con el fin de identificar las falencias de la planta de tratamiento de agua potable y realizar las caracterizaciones del afluente y del efluente, así como la recopilación de información referente a la investigación.

A continuación, se muestra un esquema general de la PTAR:

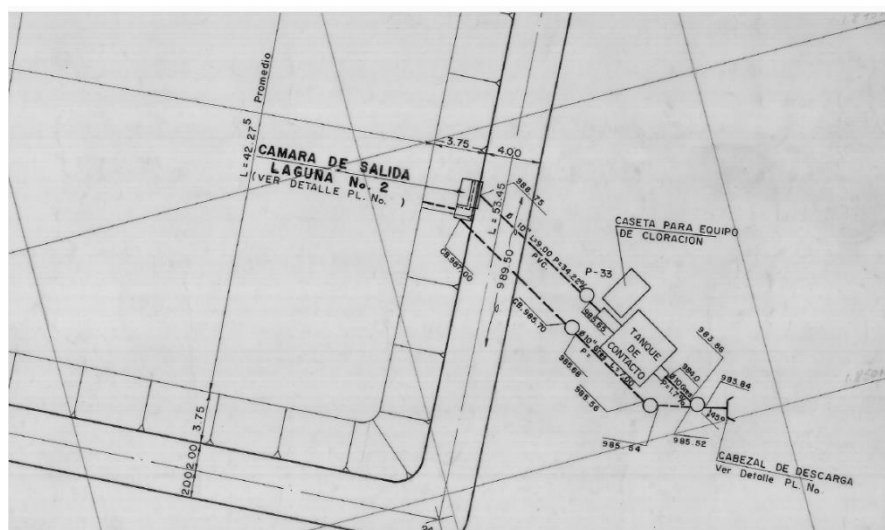


Ilustración 2 Planta de Aguas Residuales en Anapoima, Cundinamarca

Fuente: Centro de documentación ambiental CAR

Caracterización del afluente:

Se llevó a cabo en la quebrada el Silencio ya que actualmente esta fuente es la que abastece la población urbana del municipio de Anapoima - Cundinamarca. A continuación, se mencionan las características de los muestreos realizados:

FECHA	TIEMPO	Q (L/S)	INSTRUMENTOS
15 De agosto	24 Hrs.	333	Decámetro, Cronometro, Flotador, Micro molinete.
15 De septiembre	6 Hrs	290	

Dos muestreos, el primero el día 15 de agosto y el segundo el día 15 septiembre de durante 24 y 6 horas respectivamente; los días de la semana del 10 al 25 de agosto se caracterizaron por presentar cantidades medias de precipitación, lo que permite asemejar las condiciones con temporadas de invierno; los días de la semana del 15 al 25 de septiembre se caracterizaron por presentar cantidades altas de brillo solar, lo que permitió asemejar las condiciones con temporadas de verano. Con los muestreos realizados se concluyó que el caudal promedio es de 333L/s para temporadas de invierno y 299L/s para temporadas de verano.

La variación del caudal en el primer muestreo fue menor al 8% (muestra cada hora) es decir el caudal es constante, por ello para las caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas

de la fuente, se realizó un muestro simple puntual; ya que no hay una gran variación en los parámetros.

Teniendo en cuenta la captación que se está realizando actualmente de la fuente (3.4 L/s) se concluyó que ésta es capaz de abastecer a la población del casco urbano del municipio de Anapoima – Cundinamarca tanto en temporadas de invierno como en verano.

Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del Afluyente

Debido a que el caudal es el parámetro que nos permite conocer el número de muestras a analizar se determinó que solo una muestra diaria es representativa del afluyente, ya que no existe una gran variación del caudal (menor al 5%) que conlleve a cambios de los diferentes parámetros a analizar.

INSPECCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Durante la inspección a la PTAR se definieron los siguientes hallazgos a mejorar en la planta de tratamiento de agua residual

Aspectos operativos:

Ausencia de un operario permanente en la planta de tratamiento de agua potable, lo que puede estar generando problemas en las unidades.

Aspectos técnicos

Unidades y dispositivos:

Los dosificadores

funcionan por temporadas ya que la mayoría del tiempo de operación de la planta permaneces taponados por el coagulante. Las unidades de filtración adicionales no se encuentran en funcionamiento.

Emplazamiento de unidades:

En la canaleta de entrada a la planta se dosifican: Sulfato de Aluminio tipo B, hipoclorito de calcio.

El punto de aplicación del coagulante no es el correcto, debido que en esta zona no se presenta una mezcla rápida del mismo, además de esto la mezcla con los demás químicos que se aplican puede influir en la eficiencia del coagulante.

Turbulencias en las cámaras de floculación que indican posibles conexiones entre ellas.

La cámara anterior al sedimentador no cumple una función dentro del tratamiento y puede generar rompimiento de los flocs.

OPERACIÓN DE LA PLANTA:

- No se monitorea constantemente el caudal a la entrada y salida de la planta de tratamiento de agua potable.

- No se observa la formación de flocs durante el tratamiento.
- Solo hay un operario para la planta y su permanencia en la planta no es constante durante los días.

Recopilación de información técnica de la Planta de Tratamiento de Agua Residual:

Gracias al personal de la empresa de servicios públicos del municipio y al jefe de planeación de la alcaldía municipal se pudo realizar un compendio de la información referente al rediseño de la PTAR del municipio, con base en ello se apreció que aunque se contó con los datos básicos, algunos de ellos no son confiables tales como: el caudal en temporadas de invierno y verano, la tasa de crecimiento poblacional, los porcentajes de remoción y el diseño de las unidades en función de los parámetros más críticos a disminuir.

Además de esto el rediseño se realizó con base en una fuente de agua (Río Apulo) diferente a la actual (quebrada el), no cumple con el número de Froude en la canaleta Parshall, la velocidad con la que trabajan los codos del floculador no se encuentra dentro del rango establecido según el RAS 2000, y por último la causa de que han existido varias modificaciones en el RAS 2000, es necesario recalcular el caudal de diseño.

Caracterización del efluente:

De acuerdo con los aforos de caudal realizados a la entrada y a la salida de la planta, se cuenta con que esta recibe en la canaleta Parshall 3,5 L/s y en el tanque de almacenamiento 3,3 L/s, estos datos representan una pérdida de caudal general del 5,7% dentro de la PTAP, teniendo en cuenta esta información se analizaron 18 muestras (3 réplicas a la entrada/salida de cada una de las unidades).

FASE II: DISEÑO DE ALTERNATIVA

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica, las pruebas hidráulicas, fisicoquímicas y microbiológicas realizadas, se han identificado como principales aspectos a modificar:

Cambio de coagulante:

Según los resultados obtenidos de los muestreos realizados durante esta investigación y con base en los muestreos realizados por la CAR a la fuente, se ha reconocido que el pH de la fuente varía alrededor de las 8 unidades, además de lo anterior según las pruebas de jarras realizadas en el laboratorio, las pruebas realizadas con el coagulante sulfato férrico demuestran una mayor formación de flocs, disminución de fosfatos y por lo tanto una mejor eficiencia en este proceso, en comparación con la prueba de jarras realizada para el coagulante sulfato de Aluminio Tipo B los flocs formados con este coagulante no son tan grandes y toman más tiempo en formarse que los flocs formados con el sulfato férrico.

Conexo con lo anterior se encuentra que según el rango de pH para que el sulfato de aluminio genere una óptima coagulación debe estar entre 6.5 a 7.5 unidades aproximadamente y el agua a tratar en la planta tiene un pH alrededor de las 8 unidades. En cuanto a lo expuesto se propone reemplazar el coagulante por Sulfato férrico, aplicando una concentración de 5,0mg/l; ya que el rango de pH para una buena coagulación se encuentra en un rango más amplio, de 5.5 a 9 unidades.

Uno de los problemas más críticos en esta unidad es la conexión errada de la primera a la última cámara del floculado, a partir de algunas pruebas y reconocimientos de esta estructura se logró identificar una conexión indebida en las tuberías de desfogue de lodos, lo cual por la diferencia de energía y presión de la primera a la última cámara conlleva a que exista un equilibrio de estas (al traspasarse el agua de cámara a cámara).

Tanque de contacto con cloro:

Esta unidad es indispensable en la PTAR ya que actualmente la dosificación del desinfectante se presenta al iniciar el tratamiento, lo que genera una disminución en la eficacia de este y un impacto en la reacción debido a la cal que se aplica en el mismo instante que el desinfectante.

Cálculos de las unidades y rediseños:

A continuación, se describen los cálculos para cada una de las unidades y verificación de los diseños actuales de la planta de tratamiento de agua residual, teniendo en cuenta que la población a abastecer es la del casco urbano.

ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD	NIVEL DE COMPLEJIDAD POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (HABITANTES)	CAPACIDAD ECONOMICA DE LOS USUARIOS
BAJO	Menor a 3.500 habitantes	BAJA
MEDIO.	Entre 2.501 y 11.500 hab.	BAJA.

MEDIO ALTO.	Entre 12.501 Y 70.000	MEDIA.
ALTO.	Mayor a 70.000 habitantes	ALTA.

Tabla 4 Análisis de complejidad

Fuente. RAS 2000. Título A.pág.25

Coagulación – mezcla rápida:

Se identificó que los cálculos realizados para el diseño actual de la canaleta Parshall no cumplen con el número de Froude ni con la velocidad establecida en el RAS 2000, a continuación, se describen las modificaciones que se deben realizar:

Resalto hidráulico:

Deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

- La velocidad mínima en la garganta debe ser mayor de 2 m/s.
- La velocidad mínima del efluente debe ser aproximadamente 0.75 m/s.
- El resalto no debe ser oscilante; es decir que el número de Froude (Fr) no debe estar entre 2.5 y 4.5.

Teniendo en cuenta las dimensiones, la ecuación es:

$$547,11 1765 .0h Q$$

Donde:

$$Q = \text{caudal} = 0.0035 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$W = \text{ancho de la garganta} = 0.152\text{m}$$

h_1 = altura de la lámina del agua a la entrada de la canaleta= 0,08m

Ancho de la canaleta en la sección de medida (D''):

$$D'' = \frac{2}{3}(D - W) + W$$
$$D'' = \frac{2}{3}(0,403m - 0,152m) + 0,152m = 0,319m$$

Velocidad en la sección D'' :

$$V_1 = \frac{Q}{D'' \cdot h_1}$$
$$V_1 = \frac{3,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0,08m \cdot 0,319m} = 0,1370 \text{ m/s}$$

Ecuación 1 Velocidad Selección D

Elaborado por autor

Filtros:

A partir del muestreo realizado en el lecho filtrante se determinó que existen 2 unidades de filtración (cada uno con lecho de 0,8m de antracita y 0,25 de falso fondo), luego de ello se realizó el cálculo adecuado sobre la tasa de filtración para cada unidad de filtración.

Donde:

$$Q = 302,4 \text{ (m}^3/\text{día)} / 2 = 151,2 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$A = 0,8 \text{ (m)} \times 0,9 \text{ (m)} = 0,72 \text{ m}^2$$

“Para lechos de antracita sobre arena y profundidad estándar, la tasa máxima es de 300 m³/ (m². día), siempre y cuando la calidad del floc lo permita.

Con lo anterior se concluye que los filtros cumplen con la tasa de filtración (máx. 300 m³/(m².día)), siempre y cuando se asegure una repartición del caudal equitativa, es decir que a cada unidad ingresen 1,75 L/s (o 151,2 m³/día). Se sugiere que se realicen carreras de filtración verificando la capacidad de carga de los filtros verificando que no se colmaten o la generación de turbiedad en el agua.

Cloración:

Para determinar la concentración óptima a aplicar al agua de desinfectante debe realizarse el procedimiento de determinación de cloro residual con una frecuencia de dos a tres semanas, de este procedimiento se obtendrá como resultado una curva que se interpreta de la siguiente manera

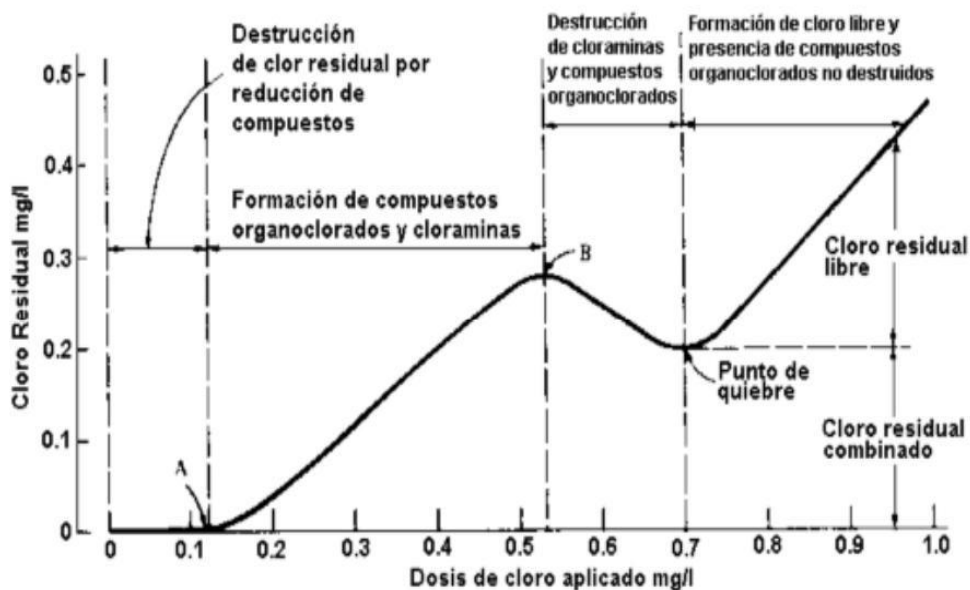


Ilustración 3 Curva de cloro Residual

Fuente: Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas. Cap. 17.

DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

Alternativa I:

Adquisición de un tanque para el contacto con cloro, tubería de desfogue para las primeras cuatro cámaras del floculador y construcción de un bypass que evita el paso del agua por la cámara previa al sedimentador que contiene piedras de río.

Alternativa II:

Adquisición de un tanque para el contacto con cloro, electroválvula con vástago para evitar el intercambio de agua de la primera a la última cámara del floculador y remoción de las piedras de la cámara previa al sedimentador.

Alternativa III:

Adquisición de un tanque para el contacto con cloro, tubería de desfogue para las primeras cuatro cámaras del floculador y remoción de las piedras de la cámara previa al sedimentador.

FASE III: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Identificación de aspectos económicos y ambientales de cada alternativa

ALTERNATIVA	COSTO DE	ASPECTO AMBIENTAL	ASPECTOS DE
--------------------	-----------------	--------------------------	--------------------

	IMPLEMENTACIÓN⁴		CALIDAD
I	\$ 142.508.743	Impacto al recurso aire y al suelo por reconstrucción del floculador y construcción del bypass	-Eliminación eficaz de microorganismos. - Disminución de fosfatos, nitritos, turbiedad y material sedimentable.
II	\$ 144.428.267	Uso periódico de energía	-Eliminación eficaz de microorganismos. - Disminución de fosfatos, nitritos, turbiedad y material sedimentable. - Disminución del impacto del agua con piedras que destruyan el flocs.
			-Eliminación eficaz

⁴ Valores encontrados a través de estado de costos presentado en los anexos

III	\$ 136.635.155	Impacto al recurso aire y al suelo por reconstrucción del floculador y construcción del bypass	de microorganismos. - Disminución de fosfatos, nitritos, turbiedad y material sedimentable.
------------	-----------------------	--	--

Fuente: Autor

Comparación Rentabilidad de Alternativas

	<i>Alternativa I</i>	<i>Alternativa II</i>	<i>Alternativa III</i>
	Tubería floculador + bypass	Válvula	Tubería Floculador
VPN⁵	2.047.061	-12.482.105	38.737.586
CAUE⁶	840.486	-5.124.922	15.904.938
B/C⁷	1,01	0,95	1,17
TIR⁸	30,29%	28,24%	35,47%
TIRM⁹	30,23%	28,61%	34,08%

⁵ Valor Presente Neto

⁶ Costo Anual Equivalente (Costo de mantenimiento)

⁷ Beneficio-Costo

⁸ Tasa interna de retorno

⁹ Tasa de rendimiento interno modificado

WACC¹⁰	24,58%	24,60%	24,53%
VALORACION	280.660.333	268.219.690	319.019.271
FCD¹¹			

De acuerdo con la tabla 5, se escoge la alternativa 3 que financieramente presenta mas rentabilidad que las otras alternativas, para el proyecto y sus inversionistas que en especial es el gobierno a través de los rubros y proyectos del municipio en el POT.

Tabla 6 Rentabilidad de las Alternativas

Fuente: Autor

¹⁰ Costo promedio ponderado de capital

¹¹ Valoración flujo de caja descontado

14. TRATAMIENTO EMERGENTE DE LA PLANTA

El reciclaje de aguas residuales consiste en utilizar el agua, tratada previamente o no, para nuevos usos (riego, pastos, campos de golf, jardinería, refrigeración de centrales eléctricas...) en lugar de expulsarla al medio ambiente (WikiWater, 2005)

Para realizar una adecuada disposición del flujo captado por el vertedero de excesos se recomienda implementar un sistema de riego “emergente” que permita aprovechar ese caudal, en la alimentación de la flora circundante a la planta.

15. CONCLUSIONES

La planta actualmente se encuentra trabajando por encima de su caudal de diseño, lo que genera un mayor uso del vertedero de exceso. Puesto que el vertedero tiene conexión directa con el afluente, hay un gran caudal de agua sin tratar que está siendo vertida al cuerpo de agua, generando un peligro ambiental y de sanidad en la zona.

Al presente la planta se encuentra en la fase de empalme entre la desinstalación de los aireadores y la instalación de las torres difusoras de aire, hoy en día la planta se encuentra trabajando con un único aireador, esto antes de instalar las 3 torres difusoras.

Con la entrada en operación de los nuevos equipos, la planta mejorará los procesos biológicos realizados en los reactores SBR, sin embargo, actualmente es inviable realizar un diagnóstico de la eficiencia de los reactores o pronosticar su operación con la nueva maquinaria.

Las estructuras que componen el tratamiento físico se encuentran en buen estado y presentan una alta eficiencia en su operación, ya que hay presencia de sólidos de gran tamaño en la operación de los reactores. No obstante, la discontinua limpieza de las estructuras permite espontáneamente el paso de sólidos al reactor.

Todos los procesos dentro de la planta presentan grandes eficiencias y cumplen adecuadamente con sus funciones, de manera que, sus deficiencias no se presentan en las estructuras que tiene sino en las que no tiene, como es el caso de una trampa de grasas.

La implementación de la trampa de grasas permite remover en promedio el 90% de las grasas y aceites que ingresan al sistema, permitiendo que la reacción del oxígeno dentro de los reactores tenga un mejor comportamiento, la operación sea más efectiva y los organismos se eliminen en mayor medida.

Por el bajo contenido de material tóxico dentro de las aguas tratadas en la planta, el caudal recogido por el aliviadero permite tener una fuente segura de riego para la flora existente en el predio de la planta, lo que permite no sólo el reciclaje del líquido sino el afloramiento de la flora del predio.

16. RECOMENDACIONES

Con el fin de mejorar los diagnósticos realizados a la planta y tener un control sobre toda la operación de la planta, permitiendo tener un continuo seguimiento a cada proceso del tratamiento. Con base en lo anterior, las recomendaciones son:

Instalar un laboratorio de pruebas con equipo suficiente para la determinación de los parámetros básicos a seguir en la planta, así como contratar personal calificado para realizar las operaciones de medición y control de los procesos de la planta, permitiendo así realizar operaciones preventivas y correctivas con mayor rapidez y eficiencia.

Realizar aforos periódicamente sobre las zonas comerciales e institucionales para conocer los aportes que cada entidad tiene sobre el sistema.

Establecer un distrito de riego abastecida con el agua recolectada por el aliviadero, cuya principal zona de impacto sean todos los puntos donde se tienen flora en crecimiento.

Proponer nuevas zonas de cultivos de flora, para mejorar la estética de la planta y así mismo contrarrestar la generación de malos olores por parte de la planta.

Reemplazar los ladrillos macizos dispuestos sobre el material filtrante de los lechos de secado por ladrillo rejilla, que permita un mejor flujo de los lixiviados aumentando el área específica de filtrado, evacuando el líquido más rápido y consecuentemente un secado igual de ágil.

Realizar pruebas diagnosticas tan pronto comiencen a operar los nuevos equipos y establecer los periodos óptimos de operación de las torres difusoras de aire, para evitar periodos anódicos en el sistema y optimizar las reacciones biológicas en los reactores.

17. REFERENCIAS

Ambiente, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del. (2003).

Especificaciones técnicas para el diseño de trampas de grasas. Lima.

Anapoima-Cundinamarca, Alcaldía de. (s.f.). *Alcaldía de Anapoima - Cundinamarca.*

Obtenido de www.anapoima-cundinamarca.gov.co

Basico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento. (2000). *Dirección de Agua Potable*

y Saneamiento Basico Titulo E RAS.

Blanco Pascual, L. (2009). VALORACIÓN DE EMPRESAS POR DESCUENTO DE

FLUJOS DE CAJA: PROYECCIÓN DE RATIOS Y ESTIMACIÓN DEL

VALOR TERMINAL POR MÚLTIPLOS. *Universo Contábil*, resumen.

ESPUCAL. (29 de 07 de 2016). *Empresa de Servicios pulicos de La Calera.* Obtenido

de www.espucalesp.com/servicios.php

Galván Meraz, F. J. (2007). *Diccionario ambiental y asignaturas afines.* Mexico:

Mundi-Prensa.

García Serna, O. L. (2003). *VALORACIÓN DE EMPRESAS, GERENCIA DE VALOR Y*

EVA. CALI: PRENSA MODERNA.

Garzon Rodriguez, D. (2004). *Estudio de viabilidad para implementación de nuevos*

procesos en las plantas de tratamiento de agua potable fabricadas por una

firma de Bogotá, para su mejoramiento. Bogotá, Colombia: Trabajo de Grado,

ingeniera Ambiental, universidad de la Salle.

Manrique, W. (2019). Plan de Manejo Ambiental.

- Narvaez Licerias, A. (2009). Valoración de Empresas: en busca del precio justo. *Contabilidad y Negocios*, 23-30.
- Ortiz Diaz, A., & Quezada Bermudez, Z. (1999). *Proyecto optimización planta de tratamiento de agua potable: inspección de "la esperanza"*. La Mesa, Cundinamarca: Trabajo de grado (Ingeniería Ambiental) Universidad de la Salle.
- Romero, J. A. (1997). *Diseño De Sistemas De Purificación De Aguas*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Solana, G. (1986). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Madrid: Morata, S. L.
- Velásquez, C. J. (2005). La protección del medio ambiente urbano en la unión europea. *Revsita de Derecho*.
- WikiWater. (20 de Octubre de 2005). *WikiWater*. Obtenido de El Riego por el reciclaje: www.wikiwater.fr/e56-el-riego-por-reciclaje-de.html
- Winnpenny, J., Heinz, I., & Koo-Oshima, S. (2013). *Reutilización del agua en la agricultura. ¿Beneficios para todos?* Roma: Roma.

18. ANEXOS

	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
	Tubería floculador + bypass	Válvula	Tubería Floculador
MATERIALES	\$ 13.246.426	\$ 6.251.600	\$ 8.228.924
MANO DE OBRA	\$ 69.561.744	\$ 69.561.744	\$ 69.561.744
CIF	\$ 59.700.573	\$ 68.614.923	\$ 68.781.879
TOTAL, COSTOS DE PRODUCCION	\$ 142.508.743	\$ 144.428.267	\$ 146.572.547

Elaboración propia

La financiación se realiza por medio del estado en su rubro para la inversión dispuesta por el departamento para este municipio, y parte de la inversión en obligación financiera es de \$150.000.000.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
	0	1	2	3	4	5
Saldo	150.000.000	131.362.843	108.252.768	79.596.275	44.062.224	0
Interés		36.000.000	31.527.082	25.980.664	19.103.106	10.574.934
Cuota		54.637.157	54.637.157	54.637.157	54.637.157	54.637.157
Amortización		18.637.157	23.110.075	28.656.493	35.534.051	44.062.224

Elaboración Propia

Información necesaria para la valorización.

Inflación Estimada: 3,30%

Capital de Trabajo: 50%

Impuesto de Renta: 33%

Tasa de Oportunidad: 30%

<i>ALTERNATIVA</i>	<i>AÑO 0</i>	<i>AÑO 1</i>	<i>AÑO 2</i>	<i>AÑO 3</i>	<i>AÑO 4</i>	<i>AÑO 5</i>
<i>I</i>						
<i>Ingresos</i>		213.763.115	227.488.168	242.003.094	257.469.575	273.942.565
<i>Costo total</i>		104.762.317	108.537.774	112.453.913	116.521.822	120.747.646
<i>Depreciación</i>		25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000
<i>Costo financiero</i>	0	36.000.000	31.527.082	25.980.664	19.103.106	10.574.934
<i>Utilidad antes</i>	0	47.500.798	61.923.312	78.068.517	96.344.648	117.119.985
<i>TX</i>						
<i>Prov. TX</i>	0	15.675.263	20.434.693	25.762.611	31.793.734	38.649.595
<i>Utilidad Neta</i>	0	31.825.535	41.488.619	52.305.906	64.550.914	78.470.390
<i>Depreciación</i>		25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000
<i>Amortización</i>	0	18.637.157	23.110.075	28.656.493	35.534.051	44.062.224
<i>Flujo Operativo</i>	0	38.688.377	43.878.544	49.149.413	54.516.863	59.908.166
<i>Inversión Fija</i>	315.000.000					
<i>Inversión</i>	70.381.158	348.730	815.140	1.404.825	2.151.174	0
<i>capital W</i>						
<i>Prestamos</i>	150.000.000					

<i>Alternativa II</i>	<i>AÑO 0</i>	<i>AÑO 1</i>	<i>AÑO 2</i>	<i>AÑO 3</i>	<i>AÑO 4</i>	<i>AÑO 5</i>
<i>Ingresos</i>		216.642.400	230.552.324	245.262.744	260.937.539	277.632.413
<i>Costo total</i>		112.326.667	116.351.748	120.525.748	124.860.027	129.361.012
<i>Depreciación</i>	235.381.158	-348.730	-815.140	-1.404.825	-2.151.174	0
		25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000
<i>Costo financiero</i>	0	36.000.000	31.527.082	25.980.664	19.103.106	10.574.934
<i>Utilidad antes TX</i>	0	42.815.733	57.173.493	73.256.332	91.474.406	112.196.467
					187.500.000	
<i>Prov. TX</i>	0	14.270.484	19.055.925	24.416.335	30.488.419	37.395.083
<i>Utilidad Neta</i>	0	28.545.250	38.117.568	48.839.996	60.985.986	74.801.385
					65.661.290	
<i>Valor de continuidad</i>						199.693.887
<i>Deudas</i>						0
<i>Valor residual</i>						452.855.177
<i>FLUJO NETO DE EFECTIVO</i>	-	39.037.108	44.693.684	50.554.238	56.668.037	512.763.344
	235.381.158					

Tasa de Financiación: 24%

Elaboración Propia

<i>Depreciación</i>		25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000
<i>Amortización</i>	0	18.637.157	23.110.075	28.656.493	35.534.051	44.062.224
<i>Flujo Operativo</i>	0	35.408.092	40.507.493	45.683.503	50.951.935	56.239.161
<i>Inversión Fija</i>	315.000.000					
<i>Inversión capital W</i>	74.163.333	223.918	686.209	1.271.639	2.013.594	0
<i>Prestamos</i>	150.000.000					
<i>Inversión Neta</i>	239.163.333	-223.918	-686.209	-1.271.639	-2.013.594	0
<i>Recup Activo Fijo</i>						187.500.000
<i>Recup Capital W</i>						69.967.973
<i>Valor de continuidad</i>						187.463.871
<i>Deudas</i>						0
<i>Valor residual</i>						444.931.844
<i>FLUJO NETO DE EFECTIVO</i>	-239.163.333	35.632.011	41.193.702	46.955.143	52.965.529	501.171.005

Elaboración Propia

<i>Alternativa III</i>	<i>AÑO 0</i>	<i>AÑO 1</i>	<i>AÑO 2</i>	<i>AÑO 3</i>	<i>AÑO 4</i>	<i>AÑO 5</i>
<i>Ingresos</i>		219.858.821	233.975.259	248.904.097	264.811.624	281.754.367
<i>Costo total</i>		97.201.867	100.727.830	104.386.240	108.187.916	112.138.721
<i>Depreciación</i>		25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000
<i>Costo financiero</i>	0	36.000.000	31.527.082	25.980.664	19.103.106	10.574.934
<i>Utilidad antes TX</i>	0	61.156.954	76.220.347	93.037.193	112.020.602	133.540.712
<i>Prov. TX</i>	0	20.181.795	25.152.714	30.702.274	36.966.799	44.068.435
<i>Utilidad Neta</i>	0	40.975.159	51.067.632	62.334.919	75.053.804	89.472.277
<i>Depreciación</i>		25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000	25.500.000
<i>Amortización</i>	0	18.637.157	23.110.075	28.656.493	35.534.051	44.062.224
<i>Flujo Operativo</i>	0	47.838.002	53.457.557	59.178.426	65.019.752	70.910.053
<i>Inversión Fija</i>	315.000.000					
<i>Inversión capital W</i>	66.600.933	473.478	944.004	1.537.941	2.288.683	0
<i>Prestamos</i>	150.000.000					
<i>Inversión Neta</i>	231.600.933	-473.478	-944.004	-1.537.941	-2.288.683	0
<i>Recup Activo Fijo</i>						187.500.000
<i>Recup Capital W</i>						61.356.827
<i>Valor de continuidad</i>						236.366.845
<i>Deudas</i>						0
<i>Valor residual</i>						485.223.672
<i>FLUJO NETO DE</i>	-231.600.933	48.311.480	54.401.561	60.716.368	67.308.436	556.133.725

EFFECTIVO

Elaboración Propia