

**PROPUESTA DE VIABILIDAD ECONÓMICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS PARA LA ESTACIÓN DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (ETAP) DE SANTANDER DE
QUILICHAO BAJO LA METODOLOGÍA DEL PRESUPUESTO BASE CERO
PARA EL AÑO 2021**

**JEFFERSON ESCOBAR LARRAHONDO
CÓD: 201054728**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN
PROGRAMA DE CONTADURÍA PÚBLICA
SANTANDER DE QUILICHAO, CAUCA
2020**

**PROPUESTA DE VIABILIDAD ECONÓMICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS PARA LA ESTACIÓN DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (ETAP) DE SANTANDER DE
QUILICHAO BAJO LA METODOLOGÍA DEL PRESUPUESTO BASE CERO
PARA EL AÑO 2021**

**JEFFERSON ESCOBAR LARRAHONDO
CÓD: 201054728**

Proyecto de grado para optar el título de Contador Público

**Director
JUAN PABLO HINCAPIÉ
MAGÍSTER EN CONTABILIDAD**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN
PROGRAMA DE CONTADURÍA PÚBLICA
SANTANDER DE QUILICHAO, CAUCA
2020**

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por ser ese apoyo constante que me fortaleció a continuar y no desfallecer en el desarrollo del presente trabajo de investigación, y en mi vida académica.

Por su aporte, orientación y acompañamiento en el proceso de investigación doy gracias al Profesor Juan Pablo Hincapié.

A la administración de la empresa de servicios públicos Emquilichao ESP por brindar la información necesaria y por su disposición para atender mis solicitudes en el desarrollo el presente trabajo de investigación.

Al señor Rubén Chico, quien en su alto grado de amabilidad dispuso de su tiempo para atender mis solicitudes y brindar su enriquecida experiencia aportando al desarrollo de mi investigación.

A la Universidad del Valle sede Norte del Cauca por suministrar el conocimiento y las herramientas necesarias en el proceso de aprendizaje.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
1. ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN	9
1.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2.1 Formulación del problema	13
1.2.2 Sistematización del problema	14
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo General	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 JUSTIFICACIÓN	14
1.5 MARCO DE REFERENCIA	16
1.5.1 MARCO TEÓRICO	16
1.5.2 MARCO CONCEPTUAL	22
1.5.3 Marco legal	25
1.5.4 MARCO CONTEXTUAL	26
1.6 DISEÑO METODOLÓGICO	28
1.7 ETAPAS DE DESARROLLO	29
1.7.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	29
1.7.2 PRIMERA ETAPA	29
1.7.3 SEGUNDA ETAPA	29
1.7.4 TERCERA ETAPA	29
1.7.5 CUARTA ETAPA	30
2. IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	31
2.1 Tipos de plantas	31
2.2 Proceso de potabilización	32
2.2 Potabilización del recurso hídrico por parte de Emquilichao ESP	34
2.2.1 Tratamiento	36
3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS PRODUCIDOS POR UNA ETAP (ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE)	38
3.1 Tipos de lodos	38

3.2 Tratamiento de lodos.....	40
4. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE DISPOSICIÓN DE LODOS RESULTANTES DE LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA REALIZADO POR EMQUILICHAO ESP.....	44
5. IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS PARA REALIZAR UN ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA A UN PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN BASE CERO	46
5.1 La planta de tratamiento de lodos y su diseño*	47
5.1.1 El Ecualizador	47
5.1.2 Tanque espesador	47
5.1.3 Lechos de secado.....	48
5.2 Presupuesto de construcción de la planta de tratamiento de lodos para la ETAP ubicada en el sector del Arroyo	48
5.3 Viabilidad del proyecto	54
6. CONCLUSIONES	59
7. RECOMENDACIONES.....	61
8. BIBLIOGRAFÍA.....	62
9. ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ejes del desarrollo sostenible	18
Figura 2. Comparativo Presupuesto Tradicional vs Presupuesto Base Cero ...	24
Figura 3. Cuotas de disminución sobre el valor de la tasa retributiva	57

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Cantidad de agua tratada en el acueducto municipal	42
Tabla 2. Cantidad Teórica de Lodos Generados Según Caudal Tratado	43
Tabla 3. Caracterización del proceso de disposición de lodos resultantes de la potabilización del agua realizado por Emquilichao ESP	45
Tabla 4. Presupuesto para la construcción de una planta de tratamiento de lodos para la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) de Santander de Quilichao.....	50
Tabla 5. Carga contaminante en las fuentes receptoras.....	55
Tabla 6. Calculo de la TIR para el proyecto Planta de tratamiento de lodos en la ETAP del Arroyo	56

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Elemento del costo del proyecto	66
Anexo 2. Cronograma de ejecución del proyecto	68

RESUMEN

La presente investigación se realiza en el municipio de Santander de Quilichao, en la planta de tratamiento de agua potable ubicada en la parte alta del casco urbano, en el sector del Arroyo, se estudia el proceso de tratamiento de agua y la generación de lodos en la misma, además se abordó los tipos de lodos y los métodos de tratamiento.

Dado que el objetivo de la investigación fue diseñar una propuesta de viabilidad económica para la construcción de una planta de tratamiento de lodos para la ETAP el Arroyo en Santander de Quilichao para el año 2021, bajo la metodología de la presupuestación base cero, se hizo uso del método deductivo, apoyado por la consulta de las fuentes primarias y secundarias de la información.

Del proceso de investigación se estima que el presupuesto para la construcción de una planta de tratamiento de lodos en el sector del Arroyo tendría un valor de \$281.870.047, además, con la implementación de la planta se lograría obtener una disminución aproximada de tres millones ciento cuarenta mil cien pesos (\$ 3.140.100) sobre el valor cancelado por concepto de tasa retributiva por vertimientos efectuada por la empresa de servicios públicos Emquilichao ESP para el año 2019, de acuerdo con el estudio de viabilidad desarrollada en el capítulo V.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a la viabilidad económica presupuestal en la construcción de una planta de tratamiento de lodos para la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) de Santander de Quilichao bajo la metodología del presupuesto base cero para el año 2021. Para el abordaje de la investigación, es necesario mencionar algunas de las características que tienen las plantas de tratamiento y los productos derivados de dicha actividad.

La investigación surgió del interés del autor por aportar a la sociedad Quilichagüeña y al conocimiento que deriva de la misma, desde diferentes perspectivas; por ejemplo, desde el punto de vista social, la posible disminución a la contaminación del recurso hídrico y disminución de la carga contributiva, puesto que al disminuir la contaminación del río Quilichao por los lodos producidos en la ETAP, éste tendría una mejor apariencia y una mayor calidad, además, impactaría de manera positiva en el pago de la tasa retributiva por parte de la comunidad.

Dado el tipo de investigación que se aborda, se consultan teorías y metodologías que permitan comprender el presupuesto base cero, así como fuentes de información que abordan las plantas de tratamiento de agua potable, construcción, manejo, funcionamiento y residuos de las mismas. Adicionalmente, se hace uso de herramientas como la observación, la entrevista y la exploración, por ende, este trabajo de investigación presenta un estudio deductivo.

Para lograr el objeto de estudio acerca de la viabilidad económica, la investigación parte por identificar el proceso de potabilización del agua en una planta de tratamiento de agua potable, seguido de la identificación de los métodos utilizados para el tratamiento de lodos producidos por una ETAP (estación de tratamiento de agua potable), para que, posteriormente, se caracterice el proceso de disposición de lodos resultantes de la potabilización del agua realizado por Emquilichao ESP, teniendo como resultado la identificación de los criterios para realizar un análisis de viabilidad económica a un presupuesto de construcción base cero.

Una vez obtenida la información tanto de fuentes primarias como de secundarias, se analiza la información y se determina la viabilidad económica de la construcción de una planta de tratamiento de lodos para la planta de tratamiento de agua potable de Santander de Quilichao Cauca, ubicada en el sector de Quitapereza.

1. ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Según el documento emitido por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia¹ la preocupación por el medio ambiente a nivel mundial nació en el año de 1972, en la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano realizada en Estocolmo, a partir de ese momento el mundo tuvo una visión diferente del medio ambiente, ya que se consideró como un elemento primordial para el desarrollo de un país. Luego de 15 años (1987) la ex primera ministra de Noruega la señora Gro Harlem Brundtland en cabeza de un equipo compuesto por integrantes de varios países realizan un informe conocido como “nuestro futuro común” (our common future) o informe Brundtland, en este se conoce por primera vez el concepto de desarrollo sostenible y lo definen como la forma de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.

En 1992 y continuando con el trabajo realizado en el informe Brundtland² se lleva a cabo en Río de Janeiro la Cumbre de la Tierra, en la cual se le da relevancia internacional al concepto de desarrollo sostenible y se generan compromisos a nivel mundial respecto a dicho concepto. En el año 1994 en Colombia, se crea el Ministerio del Medio Ambiente con la Ley 99 de 1993, con el objetivo de cumplir con los lineamientos establecidos en la cumbre de Río de Janeiro. En 1997 se realiza una asamblea extraordinaria con el motivo de revisar los adelantos y el cumplimiento de los compromisos adoptados por los gobiernos a nivel mundial. En el año 2000, en Nueva York se realiza la Cumbre del Milenio en la cual se trazan 8 objetivos de desarrollo humano que deben alcanzarse en un plazo de 15 años, entre estos objetivos, el octavo se relaciona directamente con la investigación que se lleva a cabo en este documento, el cual propone garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. 10 años después de la cumbre de Río de Janeiro en 2002, se realiza la Cumbre de Johannesburgo, la cual se considera un balance de los acuerdos y compromisos nacidos en 1992, se crea un plan de acción para alcanzar dichos compromisos y se ratifica el compromiso ambiental de los países participantes.

De acuerdo con esta información, se puede inferir que el trabajo de las Naciones Unidas (NU) en los últimos años tiene como eje temático el ambiente y su sostenibilidad como una parte fundamental del desarrollo humano, por ende, todo aporte positivo al ambiente por parte de los gobiernos es reconocido por las NU.

Es por esto que el tema de los desechos contaminantes y su disposición final es de gran importancia, ya que si se busca un desarrollo sostenible se debe pensar en formas de producción, eficientes, eficaces y amigables al medio ambiente.

¹ Colombia, Ministerio de relaciones exteriores, dirección de asuntos económicos, sociales y ambientales multilaterales, Antecedentes agenda ambiental internacional. Septiembre, 2011. p 1-9.

² BRUNDTLAND, Gro Harlem. Nuestro futuro común. Estocolmo. 1987. p. 23

Acorde con lo anterior y siendo más específico, el tema de los lodos residuales y su tratamiento para evitar la contaminación es una temática abordada en Latinoamérica en algunos proyectos de grado, los cuales se enuncian a continuación:

En la investigación ambiental llamada “*Propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la ciudad industrial del Valle de Cuernavaca*”, estado de Morelos, México. En 1995, Los autores ORTIZ HERNÁNDEZ, María Laura, et al,³ presentan el estudio que tiene como objeto realizar una serie de análisis especializados a los lodos producidos en la PTAR del Valle de Cuernavaca, con el fin de conseguir una caracterización de sus desechos y así respaldar su propuesta de utilización de lodos como mejorador de suelo.

En el área de ingeniería química también se encuentran estudios sobre el tema, entre los cuales es importante mencionar: “*Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso?*” El autor LIMÓN MACÍAS, Juan Gualberto⁴, luego de hacer un análisis de los tipos de tratamientos al subproducto lodo, un balance de pros y contras de cada uno concluyendo que dichos lodos deben ser aprovechados para que dejen de ser problema para la población y el medio ambiente.

En esta misma área también se encuentra el estudio “*Lodos residuales: estabilización y manejo*”, presentada por OROPEZA GARCÍA, Norma,⁵ en el año 2006 en la que la autora dio un panorama general de los tipos de tratamientos y tendencias que existen para el manejo de los lodos residuales.

Continuando en el área de la ingeniería química, se aborda a un país latino americano como es Cuba, en el que los autores AMADOR, VELIZ Y BATALLER⁶ en 2004, realizaron el estudio “*Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones.*”, en el cual ejecutan una valoración sobre las normativas existentes para el manejo de los lodos residuales, su aplicación en los suelos y los procesos tecnológicos de tratamiento que se pueden aplicar para disminuir su impacto ambiental.

Centrándose en la región colombiana se pueden encontrar el trabajo de investigación llamado, “*Plan de gestión para lodos generados en las ptar-d de los municipios de Cumaral y San Martín de los Llanos en el departamento del Meta.*” En la cual

³ ORTIZ HERNÁNDEZ, María Laura; GUTIÉRREZ RUÍZ, Margarita y SÁNCHEZ SALINAS, Enrique. Propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la ciudad industrial del Valle de Cuernavaca. EN: Rev. Int. Contam. Ambient. Noviembre, 1995. p. 105-115

⁴ LIMÓN MACÍAS, Juan Gualberto. Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso? México. Julio 2013. p. 1-45

⁵ OROPEZA GARCIA, Norma. Lodos residuales: estabilización y manejo. México DF. 2006. p. 61-70

⁶ AMADOR DÍAZ, Anisley; VELIZ LORENZO, Eliet; BATALLER VENTA, Mayra. Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Cuba. 2004, p.1.

el autor DONADO H, Roger⁷ brinda lineamientos importantes para que las plantas de tratamiento de aguas residuales de los municipios mencionados, cierren el ciclo de los lodos residuales resultantes del funcionamiento que a pesar de ser plantas eficientes no cuentan con una adecuada gestión de estos subproductos.

A nivel general, aunque el tema del tratamiento de lodos es un procedimiento mayoritariamente aplicado a plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), puesto que los lodos producidos en ellas son de mayor volumen y toxicidad, también debe aplicarse a las estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP) debido a que aunque no se producen en las cantidades de la PTAR es necesario completar el proceso para evitar una mala disposición de desechos, y del mismo modo contribuir con el medio ambiente.

De acuerdo con la investigación llamada *Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua* “En Colombia, la información publicada en torno a experiencias de reutilización y tratamiento de los lodos provenientes de ETAP (Estaciones de tratamiento de agua potable) es escasa”⁸. Lo anterior se corroboró al buscar información acerca de las ETAP que manejan el proceso de tratamiento de lodos en Colombia. La búsqueda se hizo en lengua castellana; en bases de datos como Redalyc y scielo, también usando herramientas de internet como google académico durante los meses de enero, febrero y marzo del 2017.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aunque las PTAR (plantas de tratamiento de aguas residuales) tienen una mayor atención en cuanto a sus subproductos ya que son residuos extremadamente contaminantes y por lo general estas instalaciones son de propiedad privada, las ETAP (estaciones de tratamiento de agua potable) también merecen atención por parte de la comunidad y los entes de control, ya que al igual que los lodos que resultan de tratar las aguas residuales, los lodos de las plantas de potabilización también son residuos contaminantes⁹ resultantes de procesos químicos con la diferencia que son, en comparación con los primeros menos contaminantes.

Se debe conocer también, que los grandes contribuyentes deben pagar una cuota por contaminación a las corporaciones ambientales que son

⁷ DONADO H, Roger. Plan de gestión para lodos generados en las ptar-d de los municipios de Cumaral y San Martín de los llanos en el departamento del Meta. Cumaral y San Martín de los llanos. 2013. p.7.

⁸ GUTIERREZ ROSERO, J. A.; RAMÍREZ FAJARDO, A. I.; RIVAS, R.; LINARES, B.; PAREDES, D. Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua. Medellín. 2014. p.15.

⁹ DONADO. Óp. Cit., p.7

representantes del Estado¹⁰, y en cierta medida, responsables de los recursos naturales y su cuidado. La cuota por contaminación mencionada anteriormente es calculada en este caso por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), por medio de una tabla que clasifica el tipo de contaminación ambiental y le asigna un valor en dinero. Dicho valor, se multiplica con las cantidades que, de acuerdo al informe de contaminación presentado por cada empresa o gran contribuyente -a conciencia-, deducen cuál fue su carga contaminante al medio ambiente y pagan la cuota correspondiente. Se debe tener en cuenta, que el daño ambiental luego de ser causado no se puede solucionar con dinero, por lo tanto, se debe invertir recursos antes de que el daño al ecosistema se convierta en un problema irreversible.

Siendo consecuentes con lo anterior y según el programa de uso eficiente de agua de la entidad EMQUILICHAO E.S.P¹¹, el río Quilichao es atacado por dos grandes fuentes de contaminación:

1. La contaminación por aguas negras a la que se ve sometida el río a su paso por el casco urbano, en especial por los barrios más cercanos al recorrido del río (el Arroyo, Rosario, Centro, Olaya Herrera, Corona I y II, Los Guaduales, Bolivariano y Proyecto Nisa).
2. El vertimiento de lodos al cauce del río por parte de la ETAP EL ARROYO.

Para contrarrestar la primera causa de contaminación la empresa de servicios públicos desde el año 2009 realiza educación ambiental y campañas de concienciación a la comunidad sobre medio ambiente y la importancia del agua¹². Por el contrario, sobre la segunda fuente de contaminación se observa que no se le ha dado ningún tipo de solución. Es por la anterior razón que el eje temático de esta investigación se concentrará en elaborar algunas recomendaciones y estrategias que permitan controlar y disminuir este foco de contaminación ambiental en Santander de Quilichao.

La empresa de servicios públicos Emquilichao ESP en su área de agua potable dispone de una planta de potabilización la cual se encarga de tratar el agua de toda la población Quilichagüeña. De acuerdo con lo dicho anteriormente, los lodos producto de la potabilización, aunque son menos contaminantes, deben ser dispuestos de forma amigable con el medio ambiente, pero al contrario de esto la ETAP del barrio el arroyo usa como método de eliminación de residuos, el drenaje de lodos al caudal del río Quilichao**.

Dichos residuos contaminantes se generan en casi todo el proceso de

¹⁰ Ibid. p.7

¹¹ EMQUILICHAO E.S.P, Programa eficiente de uso de agua, santander de quilichao, Cauca, 2009, p. 42

¹² Observación inédita, ENTREVISTA con Ruben Chico, técnico de ETAP del arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, Diciembre 13 de 2019. Emquilichao ESP.

*Ibid.

**Ibid.

potabilización de agua, el cual según el recorrido y la entrevista con el técnico Rubén Chico (*) consiste en un tratamiento tradicional de siete pasos ordenados así:

Captación: es la parte inicial en la cual el agua cruda ingresa por bocatomas ubicadas en la parte alta del río; **Coagulación:** se toman muestras del agua cruda para conocer el nivel de turbiedad y de este modo conocer que cantidad de insumo (sulfato de aluminio y cal) es necesario para el tratamiento; **floculación:** es el proceso químico que causa que la mayoría de contaminantes presentes en el agua se agrupen y formen partículas más grandes y pesadas que se hunden y se pegan en las paredes de los tanques de floculación; **sedimentación:** en esta parte del proceso se capturan las partículas que no son separadas en la floculación por medio de la gravedad se van al fondo de los surcos presentes en los sedimentadores; **filtración:** por medio de la gravedad el agua pasa por unos filtros compuestos de arena, carbón natural y antracita para terminar de retirar cualquier otra partícula del agua; **desinfección:** según las cantidades filtradas se analiza esta agua y se le agrega el cloro como agente eliminador de bacterias y microorganismos y por último el **almacenamiento** el cual asegura que en todo momento exista agua tratada para ser bombeada a la red del acueducto.

Luego de conocer este proceso, se puede identificar que en los puntos de floculación, sedimentación y filtración se genera todo el lodo contaminante, que luego de ser eliminado de la planta por medio de desagües, es depositado directamente a la corriente del río Quilichao, y empeora la situación contaminante. En este caso, Emquilichao ESP debe pagar a la CRC (Corporación Autónoma Regional del Cauca) la cuota por contaminación que le corresponda.

Según esto, se puede identificar la debilidad del proceso de potabilización en la disposición de sus residuos, que desde la construcción de la ETAP en los años 60 ha estado incidiendo negativamente el ecosistema y por ende a la población Quilichagüeña¹³, es por esto que se debe pensar en una manera de fortalecer dicho proceso al anexar un nuevo paso en la ETAP y al mismo tiempo reducir el problema de la contaminación por lodos de una forma responsable con el medio ambiente.

Por ese motivo, en este documento se tratará de mostrar la viabilidad de la construcción de una planta de tratamiento de lodos capacitada para procesar los niveles de lodos contaminantes resultantes de la ETAP del municipio de Santander de Quilichao para el año 2021.

1.2.1 Formulación del problema

¿Cuál es la viabilidad económica de la construcción de una planta de tratamiento

¹³ Observación inédita, ENTREVISTA con Ruben Chico, técnico de ETAP del arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, Diciembre 13 de 2019. Emquilichao ESP.

de lodos en la Estación de tratamiento de agua potable (ETAP) de Santander de Quilichao para el año 2021, bajo la metodología de la presupuestación base cero?

1.2.2 Sistematización del problema

- ¿Cómo es el proceso de potabilización del agua en una planta de tratamiento de agua potable?
- ¿Cómo disponen los lodos producidos por las Estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP) el Arroyo en Santander de Quilichao?
- ¿Cómo es el proceso que se realiza en una planta para el tratamiento de lodos residuales?
- ¿Cómo realizar un análisis de viabilidad económica a un presupuesto de construcción base cero?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Determinar la viabilidad económica para la construcción de una planta de tratamiento de lodos para la Estación de tratamiento de agua potable (ETAP) El Arroyo en Santander de Quilichao para el año 2021, bajo la metodología de la presupuestación base cero.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar el proceso de potabilización del agua en una planta de tratamiento de agua potable.
- Identificar los métodos utilizados para el tratamiento de lodos producidos por una Estación de tratamiento de agua potable (ETAP)
- Caracterizar el proceso de disposición de lodos resultantes de la potabilización del agua realizado por Emquilichao ESP.
- Identificar los criterios para realizar un análisis de viabilidad económica a un presupuesto de construcción base cero.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Las aguas y su tratamiento es un tema de gran importancia, ya que los recursos naturales que se encuentra en gran parte del planeta hoy en día se han visto

muy afectados debido al cambio climático desmedido, el cual ha provocado sequías y racionamiento de agua que, a su vez, han afectado a poblaciones en los últimos años. Por esto se requiere cuidar el agua e insistir en aplicar un correcto tratamiento de aguas para así contribuir con el cuidado de la misma.

El río Quilichao es la principal arteria fluvial que posee Santander de Quilichao, la segunda ciudad más importante del Cauca. De este río se toma el 80% del agua que es tratada y consumida en el municipio, procesos asegurados entre otros por Emquilichao ESP (empresa de servicios públicos), la cual cuenta con una planta de tratamiento de agua potable con proceso tradicional en el barrio el arroyo¹⁴.

A pesar que Emquilichao ESP a nivel general es una empresa que realiza campañas sobre el medio ambiente y ahorro del agua, no han realizado una inspección de su proceso de potabilización, el cual se encuentra incompleto ya que genera contaminación por lodos, afectando principalmente el río Quilichao.

Lo anterior va en contra del Informe mundial Brundtland y el concepto de desarrollo sostenible el cual habla sobre la capacidad que se debe tener para “satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las necesidades futuras”¹⁵, de acuerdo con esto se debe entender que el río Quilichao es un bien público que debe trascender en el tiempo.

Lo dicho anteriormente debe ser una guía para la sociedad Quilichagüeña y asumir el reto de cuidar los recursos para que al igual que las generaciones presentes y pasadas, las futuras también puedan gozar de un río limpio, con la certeza de un abastecimiento constante y adecuado de agua potable. Dada la naturaleza de carácter social y ambiental que rodea esta problemática, y la responsabilidad social que tienen los profesionales contables con su comunidad, se convierte en tema de investigación para el área contable y la relativamente nueva contabilidad ambiental.

Además de esto, al revisar investigaciones y textos relacionados con el tema de la contaminación por lodos está el presentado por Ramírez Quiroz Francisco¹⁶ en el cual el autor da las pautas para el correcto manejo de lodos de las ETAP. Con base en la anterior justificación metodológica y en información profesional facilitada por el técnico en operación de sistemas de potabilización de agua Rubén Chico, se analizó y se evidenció esta contaminación y gracias a sus conocimientos se concluyó que al implementar la construcción de una planta de tratamiento de lodos se obtendrá la reducción del nivel de contaminación, reducirá la vulnerabilidad a las enfermedades infecciosas, mejorará la calidad de vida de los habitantes al igual que la imagen urbana y esto ayudará al desarrollo

¹⁴ Observación Inedita: Entrevista con Ruben Chico, técnico de ETAP el arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, diciembre 13 de 2019

¹⁵ BRUNDTLAND, Gro Harlem. Nuestro futuro común. Estocolmo. 1987. p. 23,

¹⁶ RAMIREZ QUIROS, Francisco. Lodos producidos en el tratamiento de agua potable. Madrid. 2008. p. 47.

integral del Municipio ya que se lograría un equilibrio entre los ámbitos social, económico y ambiental.

Por ende, se decide a realizar un estudio que permita conocer la viabilidad económica del tratamiento del lodo en esta zona que beneficiará a futuras generaciones, este es un proyecto necesario para continuar con la producción responsable y sostenible del agua que es utilizada por la población Quilichagüña.

Adicionalmente, el presente trabajo de investigación es importante para el autor y la sociedad. Para el autor, representa la oportunidad como estudiante de contaduría pública de la Universidad del Valle de poder llevar a la práctica los conocimientos obtenidos en la academia, mediante vivencias reales, la oportunidad de enfrentarse a una problemática social, contribuyendo al crecimiento y estabilidad de la comunidad, fortaleciendo cada vez más el conocimiento por medio de la investigación.

Desde el punto de vista de la universidad, la presente investigación permite evaluar el entendimiento y la adaptación, tanto de los conocimientos obtenidos por el estudiante, como el deber del Contador de aportar al conocimiento y a su entorno social. Por último, la misión del correcto desarrollo de esta investigación es obtener el título profesional como contador público y la visión trata de que un futuro no muy lejano (2021) el proyecto se materialice siendo presentado ante el banco de proyectos de la alcaldía del municipio y el fondo Colombia sostenible.

1.5 MARCO DE REFERENCIA

1.5.1 MARCO TEÓRICO

➤ Desarrollo sostenible

A continuación se enunciarán algunas de las etapas anteriores que tuvo el término desarrollo sostenible e hicieron parte de su progreso antes de alcanzar su madurez terminológica, como lo dice Gutiérrez¹⁷ este término significó la articulación del crecimiento económico, equidad social y la conservación ecológica en la medida que una sociedad pasa de ser un estado tradicional a un estado dinámico capitalista. Con este fin fueron desarrollados dos modelos económicos, el dual y el lineal.

El modelo de sociedad dual propuesta por el autor Arthur Lewis¹⁸, dice que en principio un Estado está compuesto por dos sectores económicos que son el precapitalista (agricultura) y el capitalista moderno (la industria), y que consecuentemente dicho dualismo al desarrollarse buscará un equilibrio entre

¹⁷ LEWIS, A. Modelo de sociedad, citado por GUTIÉRREZ, Garza Esthela, De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario, México, 2007. p.22

¹⁸ Ibid. p.22-23

los dos sectores, generando una absorción parcial de los excedentes de mano de obra del sector precapitalista gracias a que se brindan mejores condiciones salariales en el sector industrial.

Del mismo modo, el autor Walt Whitman Rostow¹⁹, citado por Gutiérrez, desarrolló el modelo económico lineal el cual plantea que, en la historia de cada sociedad es normal que exista un periodo de lento desarrollo, en el cual existen las siguientes cinco etapas comunes antes de superar dicho periodo:

- Sociedad tradicional.
- Condiciones previas al arranque.
- Despegue.
- Camino a la madurez.
- Etapa del consumo de masas.

La Comisión Económica Para América Latina (CEPAL)²⁰ es una creación de la ONU que se dio en el año 1948 para contribuir con el desarrollo económico y social de América Latina, con estrategias de pensamiento keynesiano trata de conducir al desarrollo autónomo, expansión del mercado interno y elevación del nivel de vida de la población de acuerdo con la naturaleza de la región.

La teoría de la dependencia y del paradigma marxista nace como alternativa de la teoría propuesta por la CEPAL que tenía fuertes inclinaciones capitalistas, ambas teorías nacen al analizar el desarrollo económico y social de la región, pero la teoría de la dependencia llega a la conclusión de que América Latina cumple solo una función de abastecedor de materia prima para los países centrales en proceso de industrialización, ligando su economía al desarrollo y expansión de economías de otros países.²¹

El regreso del neoliberalismo y la tesis del comercio internacional mediante la globalización se dan por medio de las nuevas políticas desarrolladas y aplicadas por Washington después de la crisis sufrida en Estados Unidos en la década de los setenta, dichas políticas coaccionan e influyen al Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional el cual termina desarrollando nuevas políticas, que al ser aplicadas a nivel mundial permiten, entre otras cosas la integración de los países periféricos como Latinoamérica al mercado mundial.²²

El programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) en los años noventa propone una nueva forma de medir el desarrollo de un país, ya que la medida tradicional existente, el PIB (producto interno bruto) es una medida estrictamente económica que mide la tenencia de mercancía y dinero, y por su

¹⁹ ROSTOW, Walt Whitman. Etapas del crecimiento económico, citado por GUTIÉRREZ, Garza Esthela. De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario, México, 2007. p.22

²⁰ Óp. Cit., p.23-24.

²¹ Ibíd. p. 25.

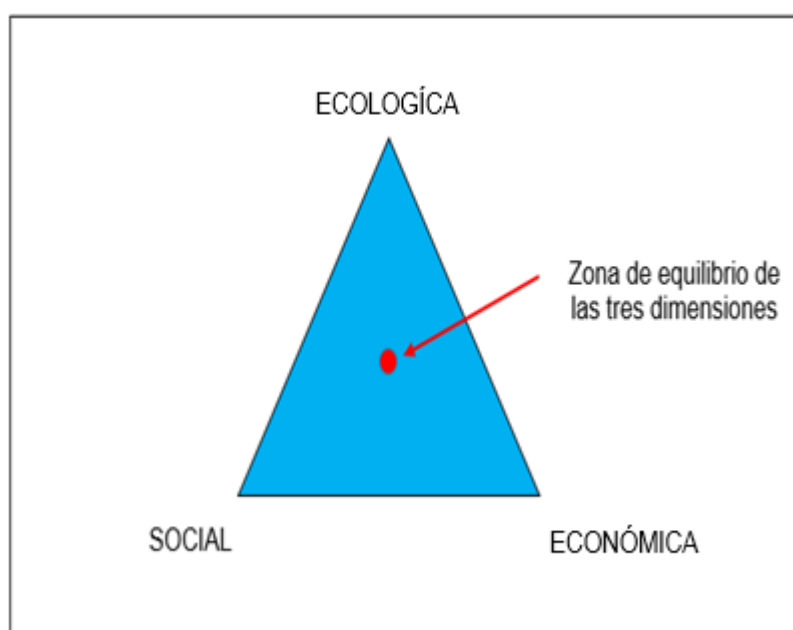
²² Ibíd. p. 27.

limitación estadística oculta la desigualdad de un estado.²³ Esta nueva forma de medir se conoció como índice de desarrollo humano (IDH), su objetivo es medir el logro de un país por medio de tres aspectos fundamentales: longevidad y salud, educación y nivel digno de vida.

La forma del IDH es una fórmula matemática en la cual se reemplazan valores como la esperanza de vida al nacer en años, la tasa de alfabetismo de los adultos en porcentaje, la tasa bruta combinada de matrícula escolar en porcentaje, y el PIB per cápita en dólares. El IDH por medio de su resultado permite clasificar los países en cuatro grupos de desarrollo que son: muy alto, alto, medio, bajo. El PNUD presentó otros cuatro índices compuestos para medir el desarrollo humano de forma más completa, los cuales son: IDH ajustado por la desigualdad, IDH de género, IDH de desigualdad de género, IDH de pobreza multidimensional.²⁴

Según Artaraz²⁵, al no haber un consenso respecto a la definición exacta del concepto de desarrollo sostenible, todas tienen en común la idea de que para alcanzar dicho desarrollo las políticas y acciones deben respetar un equilibrio entre los aspectos económico, social y ambiental.

Figura 1. Ejes del desarrollo sostenible



Fuente: ARTARAZ, Miñon Miren. Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. Ecosistemas. España 2002. p.2.

²³ Ibíd. p. 28.

²⁴ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, Informe sobre Desarrollo Humano 2016, Nueva York, 2016, p. 3.

²⁵ ARTARAZ, Miñon Miren. Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. Ecosistemas. España 2002. p. 2.

- Gutiérrez²⁶ también expone el hecho de que al tomar todos los aportes hechos por movimientos ambientalistas, sociales y políticos para concebir el concepto de desarrollo con el adjetivo de sostenible se deben tener en cuenta tres ejes analíticos:
 - Un desarrollo que tome en cuenta la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes.
 - Un desarrollo respetuoso del medio ambiente.
 - Un desarrollo que no sacrifique los derechos de las generaciones futuras.

Es entonces cuando se da la definición general que, según el documento de las Naciones Unidas, “el desarrollo sostenible o duradero es el potencial de la humanidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de las futuras generaciones para satisfacer las propias”²⁷. También se amplía un poco más el término al decir que “el concepto de desarrollo duradero necesita límites, no límites absolutos, sino limitaciones que imponen a los recursos del medio ambiente el estado actual de la tecnología y de la organización social y la capacidad de la biósfera de absorber los efectos de las actividades humanas. Pero tanto la tecnología como la organización social pueden ser ordenadas y mejoradas de manera que abran el camino a una nueva era de crecimiento económico”²⁸

Según Morales²⁹, inmediatamente después que se presentó el informe de las Naciones Unidas, la teoría del desarrollo sostenible fundó en el desarrollo local su elemento estratégico para la oportunidad de desarrollo global planteado. El desarrollo local se caracteriza por ser de carácter territorial, dado que cada localidad o territorio, tiene una configuración diferente de su entorno institucional, económico y organizativo.

Al cambiar el paradigma del desarrollo local y transformarlo a un desarrollo local sostenible, el territorio deja de ser solo un lugar donde se asienta una comunidad y pasa a ser el factor principal del desarrollo sostenible, de este modo, como lo dice Morales “las autoridades locales van a asumir la importante tarea de dirigir la gestión sostenible del territorio. Desde esta perspectiva, resulta más factible comprometer a la población del territorio, máxima responsable del deterioro del medio ambiente, con la protección del entorno donde realiza sus actividades, y convertirlos en los protagonistas reales de su propio desarrollo”³⁰, de este modo el desarrollo sostenible local podría mirarse como micro aportes que construirán el macro objetivo del desarrollo sostenible.

²⁶ GUTIÉRREZ, Garza Esthela, De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario, México, 2007. p.31

²⁷ BRUNDTLAND, Gro Harlem. Nuestro futuro común. Estocolmo. 1987. p.23

²⁸ Ibid. p.23.

²⁹ MORALES PÉREZ, Milagros, El desarrollo local sostenible, Economía y Desarrollo, vol. 140, núm. 2, julio-diciembre, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba, 2006, p. 60-71.

³⁰ Ibid. p. 64.

Retomando lo dicho por Brundtland³¹ en su informe, al hablar de orden y mejora de la tecnología aplicada al sujeto del estudio de esta investigación, se debe pensar que “en las estaciones de agua potable se generan una serie de lodos cuyo vertido a los cauces no es aceptable por su negativa influencia medio ambiental y deben tratarse en instalaciones adecuadas”³², “afortunadamente, las plantas de tratamiento de fangos de agua potable no son muy complejas en su proceso”³³.

Los recursos hídricos sostenibles son esenciales para la salud humana, la sostenibilidad del ambiente y la prosperidad económica. El agua y su disponibilidad se encuentran amenazadas por su inadecuado uso y contaminación, lo cual implica retos determinantes ante el saneamiento y la higiene para la población y los ecosistemas vinculados. La escasez de agua o la falta de acceso a agua potable inciden en otros ámbitos del desarrollo humano como salud, educación o pobreza. En la interdependencia de los ODS, lograr el acceso universal al agua potable y a sistemas de saneamiento básico, y gestionar un adecuado uso del recurso hídrico, son condiciones esenciales para el logro de un amplio conjunto de ODS³⁴.

➤ Contabilidad ambiental

Aunque es un tópico relativamente nuevo en el área contable según Ariza, Efren Danilo³⁵, en su escrito *Luces y sombras en el “Poder constitutivo de la contabilidad ambiental”* deviene desde hace mucho tiempo atrás, solo que no era abordada de forma completamente consciente, lo anterior, es sustentado por Ariza³⁶ en una investigación que demuestra que desde la época feudal se le daba un valor a la naturaleza al divinizarla y celebrar su fertilidad y calidad, de esta forma se aseguraba una cercanía entre los seres humanos y la naturaleza, funcionalmente el medio ambiente era considerado como insumo o como producto.

Más adelante, Ariza³⁷ expone que la naturaleza deja de ser un material con valor de uso y pasa a tener valor de cambio y a convertirse en cuasi-mercancía “porque aunque no es producida, si puede ser apropiable y dimensionable”³⁸, en la fase del capitalismo industrial, Ariza expone que la naturaleza deja de tener un valor como tal ya que “Para la contabilidad del capitalismo industrial la

³¹ BRUNDTLAND, Gro Harlem. *Nuestro futuro común*. Estocolmo. 1987. p. 23.

³² RAMIREZ QUIROS, Francisco. *Lodos producidos en el tratamiento de agua potable*. Madrid. 2008. p. 46.

³³ *Ibíd.* p. 47.

³⁴ Organización de las Naciones Unidas (ONU). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNDU). los retos para el 2030*. Disponible en: [undp_co_PUBL_julio_ODS_en_Colombia_los_retos_para_2030_ONU.pdf](#)

³⁵ ARIZA, Efren, *LUCES Y SOMBRAS EN EL “PODER CONSTITUTIVO DE LA CONTABILIDAD AMBIENTAL”*, Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, 2007, p. 59.

³⁶ *Ibíd.* p. 46.

³⁷ *Ibíd.* p. 48.

³⁸ *Ibíd.* p. 48.

naturaleza no existía como tal, en tanto lo que no se expresaba en precios de mercado no era un referente para ella”³⁹

En el mismo texto Ariza⁴⁰ explica que, luego en el siglo XX, cuando el capitalismo industrial toma fuerza y se consumen gran parte de los recursos naturales en los países industrializados por medio de acuerdos internacionales se trata de consumir los recursos de los países menos industrializados por medio de exportaciones, es entonces que se le otorga a la naturaleza el carácter de plena mercancía.

En el texto de Quinche⁴¹, se problematiza lo anterior al decir que “Por supuesto, los amigos se pueden contar, pero reducir un amigo a un número o, peor, a un equivalente monetario probablemente tenga peores consecuencias que excluirlo de las cuentas. La naturaleza puede adquirir importancia en los reportes contables sin que se la reduzca a un número. Cuantificar nuestro ambiente inevitablemente puede aislar más a la gente de la naturaleza”⁴²

Partiendo de esta frase, Quinche⁴³ desarrolla la relación entre la contabilidad y el medio ambiente diciendo que la contabilidad además de ser un control económico usado por las organizaciones para obtener información y cumplir sus objetivos, también realiza otros tipos de controles como el político, el social, el cultural y el ambiental. En este último lo que se hace es asignar un papel al medio ambiente en el desarrollo del objeto social de la organización.

De esta forma, el autor Quinche demuestra que la contabilidad deja de ser una técnica productora de información y pasa a ser una herramienta de control y manejo de la vida diaria. Es por esto que la contabilidad ambiental ha desarrollado cambios teóricos y paradigmáticos a nivel mundial llegando a convertirse en políticas necesarias para que una organización se globalice.

➤ Teoría de sistemas.

El autor Urteaga en su estudio a la obra de Niklas Luhmann, expone que la teoría de sistemas es de carácter transdisciplinar, e intenta ofrecer un instrumento coherente de descripción de los sistemas que constituyen el mundo, los cuales distingue y clasifica en tres grandes sistemas: el sistema vivo, el sistema psíquico y el sistema social. El primero se reproduce gracias a la vida, el segundo lo hace vía la conciencia y el tercero se perpetúa a través de la comunicación.⁴⁴

³⁹ Ibid. p. 49.

⁴⁰ Ibid. p. 53.

⁴¹ QUINCHE MARTIN, Fabia Leonardo. UNA EVALUACIÓN CRÍTICA DE LA CONTABILIDAD AMBIENTAL EMPRESARIAL. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, 2008.

⁴² Ibid., p. 198.

⁴³ Ibid., p. 202.

⁴⁴ URTEAGA, Eguzki La teoría de sistemas de Niklas Luhmann, Revista Internacional de Filosofía, vol. XV, Málaga, España, 2009. p. 301-317

Existe también un aporte dado por el autor Sánchez, Milton Harvey que en su obra de aplicación de sistemas al desarrollo de productos, donde se dice que para realizar una correcta aplicación de la teoría de sistemas se debe partir de la diferencia entre sistema y entorno, ya que la diferencia es un concepto fundamental en dicha teoría, “algo existe siempre y cuando pueda ser diferenciado de otro algo; es decir, solo cuando este algo pueda ser diferente”.⁴⁵ Y de acuerdo a los mismos autores se puede definir sistema como “un conjunto de elementos recíprocamente relacionados para alcanzar un fin”.⁴⁶

Lo anterior es complementado por el proceso de diferenciación o acto de distinción que debe realizar el observador, dicho proceso debe contener en su origen dos condiciones básicas que son, seleccionar una cierta cantidad de elementos dentro de un todo, y poder relacionarlos entre sí, en el estado en el cual no se cumplen las condiciones de diferenciación o distinción necesarias para poder crear o mantener un sistema, el autor indica o define que dicho estado se conoce como caos o entropía.⁴⁷

1.5.2 MARCO CONCEPTUAL

➤ Etapas del proceso de tratamiento de lodos

Según Ramírez Quirós⁴⁸ el proceso de tratamiento de lodos cuenta con solo tres fases esenciales:

- **Mezcla**
Dado que los lodos se extraen de forma intermitente y las concentraciones son bastante diferentes, es aconsejable enviarlos a un depósito de mezcla y almacenamiento, donde se homogeneice la concentración y a la vez se disponga de un volumen tal que permita el funcionamiento continuado de la planta de fangos.
- **Espesamiento**
Los fangos originados en las estaciones de tratamiento pueden considerarse como fangos poco concentrados, es decir necesitan un proceso de decantación que permita disminuir la humedad para facilitar el siguiente proceso.
- **Deshidratación**

⁴⁵ SANCHEZ, Milton Harvey, Una aplicación de la teoría de sistemas al desarrollo de productos, Revista Universidad Eafit, Santafé de Bogotá, 1997 p. 1-25

⁴⁶ Ibid. p. 3.

⁴⁷ Ibid. p. 6.

⁴⁸ RAMÍREZ QUIROS, Francisco. Lodos producidos en el tratamiento de agua potable. Madrid. 2008. p. 47, 48, 49.

El fango espesado contiene aún un porcentaje de materia seca del 4%, lo que hace necesario una mayor concentración para manejar de esta forma menores volúmenes, por lo que se recurre a la deshidratación mecánica ya sea por el método de filtración o el de centrifugación.

Dicho esto, sobre el proceso de tratamiento de lodos, a continuación, se definen un grupo de conceptos que no han sido desarrollados completamente en el marco teórico y son necesarios para el correcto desarrollo de la investigación

Ecosistema, según Maass y Martínez⁴⁹ es el sistema biológico y/o natural compuesto por elementos bióticos y abióticos, los primeros son todos los seres vivos que conviven en el sistema, y los segundos son los seres inertes o componentes tales como el suelo, las rocas, la atmosfera, etc.

Gestión ambiental de acuerdo con lo dicho por Irausquin⁵⁰, la gestión ambiental es más que un ejercicio administrativo sobre la cantidad y calidad de los recursos que se explotan y conservan, es una situación de perspectiva ética sobre cómo se debe construir cotidianamente el presente. Esto indica que, sobre la base de un presente ambientalmente responsable, se perfila un futuro más sustentable.

Impacto ambiental según Gallón⁵¹ existe cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de sus componentes. El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado, tal y como se manifestaría, como consecuencia de la realización del proyecto y la situación del medio ambiente futuro tal como habría evolucionado normalmente sin tal actuación

Medio ambiente, según Fraume⁵², en su diccionario ambiental, es todo lo que rodea a un organismo, ya sea componente biótico o abiótico y es considerado un término mal usado ya que proviene de un error en la traducción de la primera cumbre de la tierra en el año 1972 de la palabra en inglés “*Environment*”.

Sistemas abiertos, de acuerdo a lo dicho por Arnold y Osorio⁵³, Se trata de sistemas que importan y procesan elementos ya sea energía, materia o información de sus ambientes y esta es una característica propia de todos los sistemas vivos. Que un sistema sea abierto significa que establece intercambios permanentes con su ambiente, intercambios que determinan su equilibrio, capacidad reproductiva o continuidad, es decir, su viabilidad.

⁴⁹ MAASS, Jose manuel y MARTÍNEZ-YRIZAR, Angelina. Los ecosistemas: definicion origen e importancia del concepto. Ciencias especial 4, 1990. p. 10-20.

⁵⁰ IRAUSQUÍN, Caridad. Fundamentación teórica para la construcción de un sistema de contabilidad ambiental. Multiciencias, Venezuela, 2010 p. 95-101.

⁵¹ GALLÓN MARTÍNEZ, Juan C. Modelo Gallón para la evaluación de impactos ambientales. Bogotá. 2003. p. 103-108

⁵² FRAUME RESTREPO, Nestor j. Diccionario ambiental. ECOE. Bogota. 2007. p. 465.

⁵³ ARNOLD CATHALIFAUD, Marcelo; y OSORIO, Francisco, Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas, Cinta de Moebio, Santiago, Chile, 1998, p. 1-12

Sistemas cerrados, también Arnold y Osorio⁵⁴ exponen que un sistema es cerrado cuando ningún elemento de afuera entra y ninguno sale fuera del sistema. Estos alcanzan su estado máximo de equilibrio al igualarse con el medio. En ocasiones el término sistema cerrado es también aplicado a sistemas que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones, como sería el caso de los circuitos cerrados.

Subsistema, es definido por Arnold y Osorio⁵⁵ como conjuntos de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor. En términos generales, los subsistemas tienen las mismas propiedades que los sistemas y su delimitación es relativa a la posición del observador de sistema y al modelo que tenga de éstos.

➤ **Presupuesto Base Cero**

Hace referencia a un proceso en el que las unidades de una organización relacionan sus gastos a unos paquetes de decisión y los evalúan a la luz de las metas organizacionales, ingresos anticipados y potenciales eficiencias. Los paquetes de decisión, por su parte, son documentos que identifican y describen cada actividad específica y se elaboran para poder analizar y jerarquizar las actividades, proyectos y funciones de mayor a menor beneficio.⁵⁶

Al realizar una comparación entre dos tipos de presupuestos, como se muestra en el cuadro comparativo de la figura 2, el tradicional y el base cero, se pueden encontrar marcadas diferencias que hacen que la investigación se incline hacia el Presupuesto Base Cero (PBC).

Figura 2. Comparativo Presupuesto Tradicional vs Presupuesto Base Cero

<i>Presupuesto tradicional</i>	<i>Presupuesto Base Cero</i>
Principia en la base existente	Principia con el programa “en blanco”
Examina los beneficios-costos de nuevas actividades	Examina costos-beneficios de todas las actividades
Principia con unidades monetarias	Principia con propósitos y objetivos
No examina nuevas formas de operar como parte integral del proceso	Examina explícitamente enfoques nuevos
Concluye con un presupuesto de tomar o dejar	Concluye en alternativas de varios niveles de servicio y costo

Fuente: Pérez, H. R *Reflexiones sobre el presupuesto base cero y el presupuesto basado en resultados*, 2015, p.81.

⁵⁴ Ibid.

⁵⁵ Ibid.

⁵⁶ PÉREZ PARTIDA, Héctor Rafael. *Reflexiones sobre el presupuesto base cero y el presupuesto basado en resultados*. México: El Cotidiano. 2015. p. 80,

De esta forma se puede demostrar la aptitud de PBC para el tipo de proyecto que se investiga en este trabajo, continuando con otros autores como Barrera Tejeiro, José y Martínez Álvarez, José Antonio⁵⁷ se identifican algunas ventajas y desventajas del PBC relevantes para la investigación:

- Ventajas
 - Permite la identificación, evaluación y justificación de cada una de las actividades planeadas.
 - Ofrece mayor información para la toma de decisiones.
 - Aplicación eficiente de los recursos.
 - Mejora el conocimiento de los participantes en el proceso de presupuestación.
- Desventajas
 - Dificultad de implementación.
 - En su elaboración se necesita una gran cantidad de tiempo y papeleo comparado con el presupuesto tradicional.
 - La falta de credibilidad con que se encuentra este método por parte de los encargados de su desarrollo.

El PBC como herramienta contribuye principalmente al análisis de viabilidad necesario para la presentación de un proyecto como el que se quiere proponer en este texto. Según el documento publicado por el Centro de Desarrollo Tecnológico Empresarial de España⁵⁸, dicho análisis o plan de viabilidad no tiene un esquema estrictamente definido y ninguno de sus puntos se puede interpretar de manera independiente, y puede definirse como el documento en el que se refleja un proyecto empresarial y que se pretende poner en marcha.

El plan de viabilidad también funciona como carta de presentación de la idea a la hora de socializarla ante terceras personas.

1.5.3 Marco legal

A continuación, se enuncian la normatividad y las leyes que soportan el tema de estudio:

- ISO 14000

Es la Guía a la gerencia en los principios ambientales, sistemas y técnicas que se utilizan y también es una serie de normas internacionales para la gestión medioambiental. Es la primera serie de normas que permite a las organizaciones de todo el mundo realizar esfuerzos medioambientales y medir la actuación de acuerdo con unos criterios aceptados internacionalmente.⁵⁹

⁵⁷BARRERA TEJEIRO, José, MARTÍNEZ ÁLVAREZ, José Antonio. Fortalezas y debilidades del presupuesto base cero. Madrid: Instituto de estudios fiscales. 2012. pp. 15,16,17.

⁵⁸ ESPAÑA. CDTE, CENTRO DESARROLLO TECNOLÓGICO EMPRESARIAL. Guía para elaborar un plan de viabilidad. (s.f.).

⁵⁹ Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization), ISO 14000. 1996. p. 1-21.

- ISO14001

Especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental que le permita a una organización desarrollar e implementar una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y la información sobre los aspectos ambientales significativos. Es su intención que sea aplicable a todos los tipos y tamaños de organizaciones y para ajustarse a diversas situaciones.⁶⁰

- COMPES 3463

Documento que contiene los lineamientos para la estructuración, la financiación y la ejecución de los Planes Departamentales de Agua y Saneamiento para el Manejo Empresarial de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, los cuales se constituyen en la estrategia principal para implementar la política sectorial del Gobierno Nacional.⁶¹

- COMPES 3550

Este documento contiene los lineamientos para la formulación de una Política Integral de Salud Ambiental, con el fin último de contribuir bajo un enfoque integral al mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar de la población colombiana.⁶²

- NTCGP1000 DE 2009

La Norma Técnica de calidad en la Gestión Pública especifica los requisitos para la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad aplicable a la rama ejecutiva del poder público y otras entidades prestadoras de servicios.

El objeto de esta norma especifica los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad aplicable a entidades a que se refiere la Ley 872 de 2003, el cual se constituye en una herramienta de gestión que permite dirigir y evaluar el desempeño institucional, en términos de calidad y satisfacción social con el suministro de productos y/o con la prestación de los servicios a cargo de las entidades Colombianas.⁶³

1.5.4 MARCO CONTEXTUAL

El presente trabajo de investigación se desarrolla en la localidad de Santander de Quilichao en el departamento del Cauca, por ende a continuación se aborda una breve descripción del mismo:

⁶⁰ Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization, ISO 14001. 2004. p. 1-14.

⁶¹ COLOMBIA, CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. Documento compes 3463. Bogotá. 2007. p. 1-30.

⁶² COLOMBIA, CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. Documento compes 3550. Bogotá. 2008. p. 1-54.

⁶³ COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA, Norma técnica de calidad para gestión pública. Bogotá. 2009. p. 1-94

El Municipio de Santander de Quilichao, está ubicado en la República de Colombia, en el sector Norte del Departamento del Cauca, a 97 Km al norte de Popayán y a 45 Km al Sur de Santiago de Cali, Valle del Cauca. El municipio limita al norte con los municipios de Villarica y Jamundí, al occidente con el municipio de Buenos Aires, al oriente con los municipios de Caloto y Jambaló y al sur con el municipio de Caldono. Su extensión es de 597 Km², su posición geográfica respecto al meridiano de Bogotá es de 3° 0' 38" Latitud Norte y 2° 23' 30" latitud Oeste, su altura sobre el nivel del mar es de 1.071 metros⁶⁴.

RESEÑA DE EMQUILICHAO ESP

En Santander de Quilichao en el año de 1936 se empezaron a construir las estructuras básicas de suministro de agua, en el año 1957 se construyó la Planta de Tratamiento, y se actualizaron los sistemas de distribución. Entre los años 1963 y 1965 se instalaron los primeros contadores que por gestión del departamento del Cauca y su empresa ACUCAUCA que se encargaba del proceso del servicio como fontanería y facturación.⁶⁵

Por ser una empresa de carácter nacional no se prestaba el servicio de una manera eficiente, ya que el municipio necesitaba una entidad con responsabilidad local para que los servicios de acueducto y alcantarillado mejoraran, en el año 1987 la Administración Municipal con el apoyo de algunos líderes cívicos se tomaron la tarea de crear su propia empresa de Servicios Públicos que se encargara del manejo integral de los servicios de agua potable y alcantarillado, y se estructuró jurídicamente como establecimiento público del orden municipal con autonomía administrativa y patrimonio independiente el cual fue dejado cargo por parte de la gobernación.⁶⁶

De este modo, Santander de Quilichao se convirtió en primer municipio del departamento del Cauca que descentralizó la prestación de los servicios públicos, y sirvió de ejemplo y modelo en todo el país. Ya en la administración de la empresa se resalta la gestión de la Ingeniera Sanitaria María Teresa Esterling, quien logró de forma estratégica identificar los problemas más críticos en la prestación de los servicios públicos en el municipio y gestionar y proyectar los respectivos planes de acción orientados al mejoramiento de los sistemas.⁶⁷

Uno de los planes de acción propuestos fue la gestión del apoyo de la Corporación Ambiental del Valle del Cauca CVC, la empresa regional de servicios públicos del Valle ACUAVALLE S.A., y la Empresa de servicios

⁶⁴ Santander de Quilichao, disponible en: <http://santanderdequilichao-cauca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>.

⁶⁵ EMQUILICHAO ESP, quienes somos. [en línea]. Santander de quilichao, Emquilichao ESP [citado en 4 de abril de 2017] disponible en: <URL: <http://emquilichao.gov.co/quienes-somos/>>.

⁶⁶ Ibídem.

⁶⁷ Ibídem.

públicos de Cali EMCALI, asistió en la optimización de la planta de tratamiento de agua, de la bocatoma y la renovación de las redes de Acueducto y Alcantarillado, la financiación de estos proyectos se dio gracias al esfuerzo de la administración municipal y al apoyo de los consumidores que generaban su aporte por medio del pago de su factura.⁶⁸

En el año 1996 se fusiona a EMQUILICHAO ESP con la empresa ASQUILICHAO que era la empresa prestadora del servicio de Aseo en el municipio, quedando la prestación de este nuevo servicio bajo la responsabilidad de EMQUILICHAO ESP⁶⁹.

1.6 DISEÑO METODOLÓGICO

De acuerdo con Miler Daen Sanca las investigaciones científicas se pueden clasificar “de acuerdo al objeto de estudio, al tiempo del mismo, al objetivo planteado, a los procedimientos implicados, etc.”⁷⁰

Con base en lo anterior dicho por Sanca se puede decir que esta investigación se puede clasificar así:

- a) Según el objeto de estudio: **Investigación Básica**, Es una investigación que parte de un tema específico y no sale de él.
- b) Según el tiempo en que se efectúan: **Investigaciones Diacrónicas**, Es toda investigación que va más allá de los límites de un individuo investigador para ubicarse en redes de problemas, temas o hipótesis, que suelen abarcar largos períodos de tiempo, con el objeto de verificar los cambios que se pueden producir.
- c) Según la naturaleza de la información que se recoge para responder al problema de investigación: **Investigación Cualitativa**, Describe cualidades de un fenómeno.
- d) Según la extensión del estudio: - **Investigación De campo**, Se apoya en información del objeto de estudio o de los involucrados en él, a partir de indagación de campo como en la investigación.
- e) Según las técnicas de obtención de datos: **Investigación Participativa**, Los investigados forman parte del proceso de investigación. Hay una relación de igualdad entre investigador e investigados. Aquí la investigación se vuelve un instrumento de educación humana; permitiendo descubrir su situación de manera científica, motivado la superación de la situación problemática detectada en conjunto.
- f) Según su objetivo general: **Investigación Descriptiva y proyectiva**, la primera es la descripción, registro, análisis e interpretación, mediante análisis. En ésta investigación se ven y se analizan las características y propiedades para que con un poco de criterio se las pueda clasificar,

⁶⁸ Ibídem.

⁶⁹ Ibídem.

⁷⁰ SANCA TINTA, Miler Daen. Tipos de investigación científica. En: Revista de Actualización Clínica. 2011, p. 621-624.

agrupar o sintetizar, para luego poder profundizar más en el tema. En la investigación descriptiva se trabaja sobre la realidad de los hechos y su correcta interpretación; la proyectiva, también conocida como “proyecto factible”, consiste en la elaboración de una propuesta o modelo para solucionar un problema que se plantea, intenta responder preguntas hipotéticas sobre el futuro o pasado a partir de datos actuales.⁷¹

La investigación que en este texto se desarrolla se fundamenta sobre el **método deductivo** que según Gómez⁷² se trata de un procedimiento que consiste en desarrollar una conclusión lógica empezando por formular sus puntos de partida o hipótesis básicas y deduciendo luego sus consecuencias con la ayuda de las subyacentes teorías formales, yendo así de lo general a lo particular. De este modo y siguiendo los pasos propuestos por Gómez tales como, planteamiento del conjunto de proposiciones iniciales, proceso de deducción lógica, es decir, que se realiza mediante procesos de razonamiento, los cuales llevarán a un enunciado de leyes de carácter general y tener una conclusión, es así como se ratifica la elección de este método como fundamento para la presente investigación.

1.7 ETAPAS DE DESARROLLO

1.7.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de datos se hará por medio de fuentes primarias como la entrevista y la observación, y secundarios tales como la investigación y revisión documental, los cuales por medio de la síntesis ayudan a realizar un análisis de la situación actual del manejo de los lodos y poder proponer un diseño que esté acorde con las necesidades encontradas y con las características tanto de la comunidad como de la empresa misma.

1.7.2 PRIMERA ETAPA

Identificar el proceso de potabilización del agua en una planta de tratamiento de agua potable: se hará la recolección de la información por medio de libros e investigaciones posteriores y visitas de campo. A partir de esta información recolectada, se hará la documentación de la situación histórica y actual de estos tratamientos.

1.7.3 SEGUNDA ETAPA

Identificar los métodos utilizados para el tratamiento de lodos producidos por una ETAP (estación de tratamiento de agua potable): se realizará recolección de información en libros e investigaciones.

1.7.4 TERCERA ETAPA

Caracterizar el proceso de disposición de lodos resultantes de la potabilización

⁷¹ Ibíd .

⁷² GÓMEZ LÓPEZ, Roberto. Evolución científica y metodológica de la Economía, Málaga, s.f. p.29-30.

del agua realizado por Emquilichao ESP: se hará la recolección de la información por medio de libros e investigaciones posteriores y visitas de campo. A partir de esta información recolectada, se hará la documentación de la situación histórica y actual de la disposición de los lodos resultantes de esta potabilidad.

1.7.5 CUARTA ETAPA

Conocer las fases de un Presupuesto Base Cero (PBC): por medio de la recolección de información teórica se logrará identificar las fases aplicables para lograr un presupuesto base cero.

2. IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

En el presente acápite se pretende abordar el proceso que debe realizar una planta de tratamiento de agua potable, desde la toma hasta el consumidor final. Para tal efecto, se consulta las diferentes fuentes de información y se realiza un seguimiento al proceso hecho por la empresa Emquilichao ESP, en la potabilización del recurso hídrico que suministra a la comunidad del sector de Santander de Quilichao.

Debido a lo anterior, se opta por clasificar y mostrar los resultados obtenidos partiendo de lo teórico y finalizando en el caso particular de Emquilichao ESP.

2.1 Tipos de plantas

De acuerdo con Hernández y Corredor:

para el desarrollo de una planta de tratamiento de agua potable es necesario tener en cuenta estudios y diseños de los componentes de un sistema de potabilización de agua, dirigido ya sea a la construcción de obras nuevas, ampliaciones y/u optimización de las ya existentes: prefiltros, microtamices, trampa de grasas, aireadores, unidades de mezcla rápida, floculadores, sedimentadores, flotación, filtración, desinfección, estabilización, ablandamiento, adsorción sobre carbón activado, desferrización⁷³.

Del mismo modo, debe tener desmagnetización, manejo de lodos, tanque de contacto del desinfectante, dispositivos de control de las unidades de la planta e instrumentación, laboratorios, salas de dosificación, almacenamiento de los productos, igualmente se deben referenciar los productos químicos que pueden ser empleados en el tratamiento de agua potable.

Según Chulluncuy⁷⁴ en su artículo de investigación, de acuerdo con el tipo de procesos que las forman, las plantas de tratamiento se clasifican en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta, es decir, que las plantas de filtración lenta son las que usan la arena como medio filtrante y en las de filtración rápida se usan lechos filtrantes*, adicionalmente, de acuerdo con la tecnología usada se pueden clasificar en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente.

⁷³ HERNÁNDEZ, Edwin y CORREDOR, Carlos. Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua, se dispondrá en el laboratorio de aguas de la universidad católica de Colombia. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil. Universidad Católica. 2017. p.26.

⁷⁴ CHULLUNCUY, Nadia. Tratamiento de agua para consumo humano. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Ingeniería Industrial n° 29, ISSN 1025-9929. 2011. p. 166.

*Los lechos filtrantes son artificiales, como rosetas, filtros percoladores; entre otros.

2.2 Proceso de potabilización

Como resultado negativo del proceso de industrialización y desarrollo económico se presenta un alto grado de contaminación al medio ambiente y en especial al recurso hídrico, puesto que a este se le hace la descarga de todo tipo de residuos contaminantes como lo son: el uso de fosfatos en la lavandería, residuos inorgánicos, en algunos casos orgánicos, residuos del sector industrial, entre otros. Por consiguiente, se hizo necesario la elaboración y desarrollo de la planta de tratamiento donde se pudiera tomar el agua de los ríos, para ser tratada y disminuir su carga contaminante, con la intención de que pueda ser apta para el consumo humano.

En dicho sentido y en concordancia con Romero⁷⁵, los tratamientos para potabilizar el agua, se pueden clasificar de acuerdo con: Los componentes o impurezas a eliminar, parámetros de calidad y grados de tratamientos de agua; en cuanto al tratamiento por componentes hace referencia a la segmentación del proceso en el sistema (denominación para el recorrido o proceso en la planta de tratamiento), es decir, diferentes procesos en diferentes segmentos a lo largo del recorrido del recurso hídrico en la planta de tratamiento.

En cuanto al tratamiento, por parámetros de calidad, según Romero⁷⁶ se clasifican en, TIPO A1: Tratamiento físico simple y desinfección, TIPO A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección, TIPO A3: Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección.

De acuerdo con Romero⁷⁷, a continuación se describe los procesos o tratamientos que se debe realizar en una planta de tratamiento de agua potable, para que esta se apta para el consumo humano:

Cloración al Breakpoint: La adición de cloro en el punto inicial tiene dos funciones: desinfección y oxidación. Con estas dos propiedades se contribuye a eliminar hierro, manganeso, sulfuros, amoníaco y otras sustancias reductoras. También se reduce los sabores existentes antes de la cloración y la función que más interesa que es la reducción del crecimiento de algas y otros microorganismos presentes en el agua. Esto se consigue añadiendo cloro hasta conseguir cloro residual libre en el agua (Breakpoint) normalmente se busca 0.5 ppm* de cloro libre. El cloro se puede adicionar en forma de cloro líquido, solución de hipoclorito de sodio o tabletas de hipoclorito de calcio⁷⁸.

Coagulación-Floculación: Las impurezas se encuentran en el agua superficial como materia en suspensión y materia coloidal. Las especies coloidales incluyen arcilla, sílice, hierro, otros metales y sólidos orgánicos. La eliminación de una

⁷⁵ ROMERO, Mynor. Tratamientos utilizados en potabilización de agua. Universidad Rafael Landívar. Boletín Electrónico No. 08. Extraído de: http://www.fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin08/URL_08_ING02.pdf.

⁷⁶ Ibíd, p.5.

⁷⁷ Ibíd, p.6.

*Partes por millón.

⁷⁸ Ibíd, p, 6.

gran proporción de estas impurezas se lleva a cabo por sedimentación, basada en simple gravedad, pero algunas de estas impurezas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente por lo tanto, se requeriría invertir mucho tiempo para remover los sólidos suspendidos, por lo que es necesario utilizar procesos de clarificación, que consisten en cualquier proceso o combinación de procesos, cuyo propósito es reducir la concentración de los materiales suspendidos en un líquido⁷⁹.

La coagulación y floculación causan un incremento de tamaño del flóculo y su rápida aglomeración, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para realizar este tipo de procesos se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente (sales de aluminio, sales de hierro o polielectrolitos) que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga.

Decantación: se puede definir a la decantación como el proceso de separación de un líquido de sólidos o de un líquido de mayor densidad mediante el trasiego de la capa superior después de que la materia más pesada ha sedimentado. En el caso de la decantación en aguas para tratamiento la unidad de decantación será la que permitirá la eliminación por sedimentación de los sólidos en suspensión presentes. Estas unidades pueden clasificarse de acuerdo con la dirección predominante del flujo de líquido desde la entrada a la salida, en decantadores de flujo horizontal y decantadores de flujo vertical⁸⁰.

- **Decantadores de flujo horizontal:** Son los más utilizados a nivel purificación de aguas, la distribución de caudales en tanques rectangulares, se produce por un extremo, existiendo pantallas reflectoras, y atraviesa la longitud del tanque hasta los vertederos de evacuación.
- **Decantadores de flujo vertical:** Se suelen utilizar únicamente en aplicaciones de floculación decantación⁸¹.

Filtración: Una vez que se ha decantado el agua para terminar el proceso de clarificación, se hace pasar por una etapa de filtración, la cual consiste en hacer pasar el agua que todavía contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido, pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros⁸².

De acuerdo Romero⁸³ y con la experiencia de los operarios de la ETAP el medio filtrante más utilizado es la arena*, debido a su economía y a su eficiencia, se

⁷⁹ Ibíd, p. 6.

⁸⁰ Ibíd, p. 7.

⁸¹ Ibíd, p. 8.

⁸² Ibíd, p. 8.

(*) ENTREVISTA con Ruben Chico, técnico de ETAP el arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, diciembre 13 de 2019

⁸³ Ibíd, p. 8.

dispone sobre un lecho de grava como soporte. Aunque también existen otros tipos de lechos como membranas filtrantes que pueden ser de plástico o de metal. Para evitar atascamientos en esta etapa, es importante que la retención de las partículas se haga en el interior del lecho filtrante, y no en la superficie del lecho, por este motivo, será muy importante hacer una elección adecuada del tamaño del grano del lecho filtrante.

Afino con Carbón Activo: Una vez que el agua ha sido clarificada, pasa a la adsorción sobre carbón activo, que permitirá la disminución de la materia orgánica, color, olor y sabor presente, por separación, al quedar retenidas en la superficie del adsorbente. El adsorbente utilizado es carbón activo en forma granular que se sitúa formando un lecho fijo en una columna de tratamiento, a través del cual pasa el agua. El Carbón Activo puede fabricarse a partir de todo tipo de material carbonoso, o bien, a partir de cualquier carbón mineral no grafitico. Pero, hay que recordar que cada materia prima brinda características y calidades distintas⁸⁴.

Desinfección: La etapa final del proceso de tratamiento de aguas potables siempre es la desinfección. En algunos casos en las plantas muy sencillas, esta es la única etapa del proceso. Hay tres tipos básicos de desinfección: Tratamientos físicos, tratamientos químicos y radiación.

- **Tratamientos físicos:** Son los menos utilizados, dentro de este tipo de tratamientos se puede incluir la aplicación de calor pero además de ser costoso, deja mal sabor ya que elimina el oxígeno disuelto y las sales presentes en el agua. Otro de los procesos que se utilizan es el dejar pasar el tiempo, para que los gérmenes fecales disminuyan su concentración al ser el agua retenida en ambiente hostil.
- **Tratamientos químicos:** Los agentes químicos desinfectantes más utilizados son el cloro, el dióxido de cloro y el ozono. Dentro de los que se tiene que el cloro en su forma gaseosa o como Hipoclorito de Sodio o Calcio es el más usado⁸⁵.

2.2 Potabilización del recurso hídrico por parte de Emquilchao ESP

La captación es realizada directamente del río Quilichao en la parte alta de la vereda conocida como San Pedro y del río Mondomo, mediante una bocatoma lateral. Esta estructura está diseñada con el fin de almacenar recursos empleados por los operarios de la planta, dichos recursos incluyen: Bombas, herramientas, elementos de protección, entre otros; de acuerdo con la información suministrada por el personal de la planta de tratamiento*.

⁸⁴ Ibíd, p. 8.

⁸⁵ Ibíd, p. 9.

(*) Observación inédita, ENTREVISTA con Ruben Chico, técnico de ETAP el arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, diciembre 13 de 2019, Emquilchao ESP.

El procedimiento realizado por la empresa Emquilichao ESP se divide en dos partes, lo que ellos denominan pretratamiento y tratamiento.

➤ **Pretratamiento**

Dados los procesos industriales y en especial los agrícolas, la calidad del agua disminuye a medida que esta fluye a través de los cauces de los diferentes ríos, desde su nacimiento hasta ser depositado en un río más grande o en algunos casos en el mar. Por lo anterior, se debe tratar el agua en lo que se conoce como Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) o Estaciones de Tratamiento de agua Potable (ETAP), para que esta sea apta para el consumo humano.

En términos de pretratamiento, Casero⁸⁶ se refiere a esta etapa como las operaciones de desbaste, tamizado, dilaceración, desarenado, desaceitado y desengrase. En concordancia con Casero⁸⁷ a continuación se especifican las etapas mencionadas del pretratamiento:

El desbaste: tiene como objetivo proteger a la planta de tratamiento de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación, separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua bruta, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos siguientes, o complicar la realización de los mismos. La operación de desbaste se lleva a cabo exclusivamente a base de rejas, que retienen estos objetos, generalmente flotantes, cuya presencia se desea evitar.

El tamizado: puede considerarse como una filtración sobre soporte delgado, que se utiliza en numerosos campos del tratamiento del agua.

El desarenado: tiene por objeto extraer del agua bruta la grava, arena y partículas minerales más o menos finas, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos de la abrasión, así como para evitar sobrecargas en las siguientes fases de tratamiento.

Los desarenadores empleados en tratamientos de agua potable son generalmente rectangulares de tipo canal. Se trata simplemente de un canal donde la velocidad del agua se reduce, propiciando de esta forma la sedimentación de las partículas granulares.

⁸⁶ CASERO, David. Potabilización del agua. En: Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua, módulo IV Abastecimientos y Saneamientos Urbanos. Madrid. 2007/2008. p. 10. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20096/potabilizacion-del-agua>

⁸⁷ Ibíd. p. 11-15.

La predecantación: es una operación que se efectúa, antes de la clarificación, con aguas muy cargadas. Tiene por objeto eliminar la totalidad de la arena fina y la mayor cantidad posible de barro.

El decantado y desengrase: El desaceitado es una operación de separación líquido-líquido, en tanto que el desengrase es una operación de separación sólido-líquido (siempre que la temperatura del agua sea lo suficientemente baja como para permitir la coagulación de las grasas). Los aceites y grasas, generalmente más ligeros que el agua, tienden a subir a la superficie. Por ello, todo dispositivo en el que se reduzca la velocidad del flujo, y que ofrezca una superficie tranquila, actúa como separador de grasa y aceite. Sin embargo, es frecuente acelerar el proceso natural de flotación insuflando aire que, en su ascensión, arrastra las partículas de grasa hacia la superficie.

Con lo anterior, se puede definir que el pretratamiento hace referencia a todo el proceso desde la ubicación de la bocatoma hasta la captación, que para el caso del área de estudio es la captación que se realiza en tres sitios específicos de la localidad, estos son: el río Mondomo, la vereda Cambindo y Quitapereza en la parte alta del municipio de Santander de Quilichao.

Para Emquilichao ESP, en el pretratamiento se realizan labores de desbaste y tamizado que hacen los operarios en la bocatoma, en especial en los sitios previamente descritos, dicha labor comprende principalmente con la protección del afluente, mantenimiento a la zona y a los filtros de la bocatoma, revisión de las condiciones del río y en algunos casos la construcción o instalación de algunos filtros.

2.2.1 Tratamiento

Una vez tomada el agua del afluente o fuente hídrica realizado el pretratamiento, se procede con el tratamiento, pues como ya se mencionó anteriormente, es necesario tratarla para evitar eliminar partículas o componentes que pueden afectar la salud de los usuarios. El tratamiento consta, en términos generales y de acuerdo con Romero⁸⁸, en cinco pasos esenciales en una planta de tratamiento de agua potable y con los que cuenta la planta de Emquilichao ESP en la planta ubicada en la localidad del Arroyo, dichos pasos se mencionan a continuación:

- **Coagulación:** tanque de mezcla rápida, donde se aprovecha la velocidad del agua para adicionar la cal y el alumbre con el fin de que la agitación haga la mezcla entre los coagulantes y el agua, estos son utilizados para corregir la turbiedad y el color.

⁸⁸ Ibíd, p. 5-6.

- **Floculación:** es la segunda estación en el recorrido del agua durante su proceso en la planta, este se realiza en tanques llamados floculadores, donde se remueve la suciedad con ayuda del proceso anterior.
- **Sedimentación:** De acuerdo con la información suministrada por la planta de tratamiento, la sedimentación se realiza en dos tanques sedimentadores de alta tasa con capacidad de 220 m³ aproximadamente, de acuerdo con lo expresado por el operador de planta, en este se retiran los residuos, materiales o sustancias que han logrado pasar de las etapas anteriores, de acuerdo con la información suministrada por la planta de tratamiento.
- **Filtración:** una vez el líquido sale de los tanques de sedimentación pasa por los filtros, en este se retiran partículas sólidas, ya sea en los lechos de los filtros o de manera manual por parte de un operador.
- **Desinfección:** De acuerdo con la información suministrada por la planta de tratamiento, este proceso se realiza por medio de una válvula que de manera manual o mecánica se adiciona un bactericida, el cual es el encargado de eliminar microorganismos, dicho bactericida es el cloro líquido, la adición del cloro se hace con base a los cálculos realizados por las personas de laboratorio, quienes toman algunas muestras y realizan los estudios de laboratorio⁸⁹.

Una vez el agua ha realizado todo el recorrido de la planta y está apta para el consumo humano se dispone en tanques, para el caso de Emquilichao ESP, la empresa cuenta con cinco tanques, dos inferiores y tres elevados que cumplen con los requisitos legales según la información suministrada por la administración de Emquilichao ESP⁹⁰. Después de haber sido almacenados en los tanques, el fluido es depositado a la red de distribución que suministra el recurso en todo el casco urbano donde se tiene acceso a él.

Para el control y operación de la planta, se emplean operarios 24 horas de lunes a domingo, adicionalmente, cuenta con personal calificado en el área de laboratorio para los respectivos análisis fisicoquímicos, con lo que se garantiza el tratamiento del agua, dando como resultado un líquido apto para el consumo humano, sin necesidad de tratamientos externos como hervir el agua.

⁸⁹ Observación inédita, ENTREVISTA con Ruben Chico, técnico de ETAP del arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, Diciembre 13 de 2019. Emquilichao ESP.

⁹⁰ Ibíd

3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS PRODUCIDOS POR UNA ETAP (ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE)

Como se mencionó en el capítulo anterior de la presente investigación, el objetivo del pretratamiento y el tratamiento, es la remoción y/o separación de sólidos en suspensión, componentes orgánicos e inorgánicos para potabilizar el agua y que sea apta para el consumo humano, como resultado de lo anterior, en dicho proceso se generan subproductos a los que se les llamarán lodos, productos que son contaminantes y por ende en el presente capítulo se aborda su tratamiento.

En concordancia con Ramírez⁹¹, la necesidad del tratamiento de los lodos en la ETAP se evidencia en la problemática generada por la descarga de estos a las corrientes naturales, debido a que forman depósitos o bancos de fango en los tramos lentos del cauce, aumentando la turbiedad y el color del agua receptora, trayendo como consecuencia problemas medioambientales por la disminución fotosintética de las plantas acuáticas.

3.1 Tipos de lodos

Para abordar el tema de lodos generados en las ETAP, se debe partir por conocer los tipos de lodos que se originan en el tratamiento del agua, para tal efecto se abordó a Aldana y Pérez⁹² quienes los clasificaron en la monografía de grado denominada “Propuesta para el tratamiento y aprovechamiento de lodos en una PTAP convencional. Caso de estudio: Planta de tratamiento de agua potable de El Espinal –Tolima.” de la siguiente manera:

- **Lodos de decantación primaria:** Son generalmente de consistencia limosa y color de marrón a gris, volviéndose sépticos y generando mal olor con gran facilidad.
- **Lodos de precipitación química:** Son de color negro y su olor, aunque puede llegar a ser desagradable, lo es menos que los correspondientes a una decantación primaria.
- **Lodos de tratamiento secundario:** Son de color marrón, relativamente ligeros, y por estar bien aireados, no suelen producir olor con tanta rapidez como los lodos primarios. Sin embargo, sino se encuentran lo suficientemente aireados, su color se oscurece y producen un olor tan fuerte como el lodo primario.
- **Lodos de lechos bacterianos:** Son de color marrón y no producen olores molestos si están frescos. Se degradan a una velocidad menor que los lodos procedentes del sistema secundario, salvo en

⁹¹ RAMÍREZ. Óp. Cit. p.24

⁹² ALDANA, Angie; PÉREZ, Ricardo. Propuesta para el tratamiento y aprovechamiento de lodos en una PTAP convencional. Caso de estudio: Planta de tratamiento de agua potable de El Espinal –Tolima. Universidad la Salle, programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. 2017. p. 18.

el caso que contengan organismos superiores (por ejemplo, gusanos), y en cuyo caso si se pueden dar olores rápidamente.

- **Lodos digeridos:** Son de color negro y tienen olor a tierra. Este lodo tiene origen en los procesos de digestión aeróbica. Generalmente contienen una proporción de materia orgánica entre el 45 y 60%.

Por otra parte, según García citado por Donado⁹³, los lodos se pueden clasificar en:

- **Lodos aprovechables:** son los lodos provenientes de un proceso de tratamiento que puede ser reutilizado directa o indirectamente en reciclaje, compostaje y generación de energía. La mayoría de los lodos provenientes de los procesos de tratamiento aerobios y anaeróbios de las plantas de tratamiento de aguas residuales, una vez estabilizados, pueden ser utilizados como abonos, acondicionadores y restauradores de suelos.
- **Lodos no aprovechables** Son lodos que no tienen características aceptables para algún aprovechamiento, por ejemplo, tienen muy poca o nula carga orgánica o poder calorífico muy bajo, estos pueden ser desechados junto con los residuos sólidos de origen doméstico en rellenos municipales o monorellenos. En esta categoría se encuentran los retenidos por rejillas gruesas y finas de las plantas de tratamiento.
- **Lodos Peligrosos:** Son aquellos que contienen sustancias que pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente que deben ser dispuestos en sitios especiales con las medidas adecuadas de seguridad. Comúnmente se suele confundir el término lodo y biosólido. La principal diferencia radica en que el biosólido es un lodo ya estabilizado, es decir, que ha tenido un proceso de tratamiento destinado a reducir la capacidad de fermentación, atracción de vectores y patogenicidad, logrando reducir el nivel de peligrosidad y el grado de restricción para su reutilización.

En concordancia con el estudio de la presente investigación y con el apoyo de personal calificado de la empresa de servicios públicos Emquilichao ESP, se definió que los lodos originados en la planta de tratamiento ubicada en el sector de Quitapereza son lodos digeridos, dado que en la parte alta de la bocatoma se encuentran viviendas y centros de porcicultura tradicional que realizan descargas al afluente, adicionalmente, se hace aclaración que algunas de las propiedades de los lodos son el resultado de la filtración de sistemas básicos de evacuación de aguas residuales, denominados como pozos sépticos del mismo sector.

⁹³ DONADO. Óp. Cit., p.21.

No obstante, también se pueden clasificar como lodos aprovechables, puesto que según la experiencia del personal de la empresa Emquilichao ESP, estos lodos pueden ser tratados y aprovechados por sus características fisicoquímicas, pero lastimosamente en el momento como no se cuenta con una planta de tratamiento, simplemente son arrojados al afluente hídrico y en algunos casos a lechos de secado*.

3.2 Tratamiento de lodos

De acuerdo con Aldana y Pérez⁹⁴ y en concordancia con la resolución 0330 de 2017 en su artículo 125, se establecen los procedimientos mediante los cuales se estabilizan los lodos y ratifica la obligatoriedad de realizar este proceso de tratamiento previo al aprovechamiento, almacenamiento, descarga o disposición final de los lodos. Las técnicas de estabilización de los lodos descritas en el decreto son:

- **Homogenización:** Se tendrá que dimensionar una estructura en la cual se asegure una mezcla completa, cuyo volumen sea como mínimo equivalente a poder almacenar el volumen de purga del sedimentador, más el 40% del volumen de lavado de un filtro⁹⁵. El tiempo de retención no podrá superar las 6 horas, la geometría del tanque podrá ser circular, rectangular, o de otra superficie que garantice flujo a pistón; siempre y cuando se garantice un nivel de potencia del mezclado superior a 5 W/m^{3**}.

Para Aldana y Pérez⁹⁶ el primer paso para poder tratar los lodos es estabilizarlos (homogenizarlos y deshidratarlos) para disminuir su volumen y reducir su capacidad de fermentación, atracción de vectores y patógenos, y a partir de ahí se pueden alcanzar diferentes tipos de aprovechamiento: recuperación de reactivos químicos presentes para su reutilización, generación de biogás y aprovechamiento del poder calorífico para generación de calor y de energía eléctrica, utilización como abono orgánico, recogida en un vertedero autorizado.

Espesamiento de lodos: Deberá diseñarse un sistema con tasa de carga superficial para lodos de hidróxido entre 15 – 25 kg/m²/d*** y para lodos de ablandamiento entre 100 – 200 kg/m²/d, con tiempo de retención de entre 6 a 12 horas y concentración de sólidos media de salida del 6%. Se permitirá considerar tecnologías que empleen sistemas de espesamiento mecánico o por etapas combinadas ya sea gravitacional y mecánico, para lo cual se deberán justificar las diferentes tasas en función del tipo de tecnología y coagulante empleado en la planta⁹⁷.

*Dispositivo donde se deposita en lodo para su secado.

⁹⁴ ALDANA y PÉREZ. Óp. Cit., p.22-23.

⁹⁵ Ibíd. p. 22.

⁹⁶ Ibíd. p. 22.

**Unidad de medida de vatios por metro cúbico

***Unidad de medida de volumen, kilogramos por metro cuadrado, por día.

⁹⁷ Ibíd. p. 22.

Deshidratación por lechos de secado: Es una técnica manual en donde se deben tener mínimo cuatro celdas. Su diseño depende del caudal de salida de la descarga de lodos o de espesamiento, con profundidades de aplicación de 0.3 a 0.9 metros; para lodos sin acondicionar, se deben aplicar cargas de entre 15 a 20 lt de lodo/m²/día, con un ciclo de secado de 3 a 4 días⁹⁸.

Deshidratación por lagunas de secado: Es una técnica manual en donde se deben tener mínimo dos lagunas, considerándose que ocurren de manera implícita los procesos de homogeneización, espesamiento y deshidratación. Diseñada a partir del parámetro de carga de sólidos comprendido entre 40 kg/m²/d para regiones húmedas y 80 kg/m²/d para regiones secas; la profundidad de la laguna debe estar entre 0.50 y 1.20 metros⁹⁹.

Deshidratación mecánica: Son los filtros prensa, filtros prensa de banda, filtros al vacío y centrifugas/decanter, que deben garantizar una concentración de sólidos entre 25% a 35% a la salida, de acuerdo con las siguientes especificaciones que deben ser entregadas al fabricante del equipo: la concentración de sólidos a la entrada, el tipo de composición del lodo, temperatura, y el caudal de lodo o carga de lodo afluente (según lo requiera el equipo)¹⁰⁰.

Para Ramírez¹⁰¹ el proceso de tratamiento de lodos se debe segmentar en procesos como mezcla, espesamiento por gravedad o espesamiento por flotación, deshidratación y centrifugación. La mezcla para Ramírez¹⁰² debe realizarse, debido a que los lodos se extraen en forma intermitente y las concentraciones son bastante diferentes, por lo cual es aconsejable enviarlos a un depósito de mezcla y almacenamiento, donde se homogenice la concentración y a la vez se disponga de un volumen tal que permita el funcionamiento continuado de la planta de fangos.

El espesamiento se genera en los decantadores, puede darse el espesamiento por gravedad si la planta de tratamiento cuenta con decantadores estáticos circulares o rectangulares; o puede presentar un espesamiento por flotación, en este se aprovecha la flotabilidad de las partículas por medio de la inyección de aire o agua clarificada¹⁰³.

Por otra parte, la deshidratación se realiza en eras de secado donde se ha depositado el lodo extraído de manera manual o mecánica con el uso de bombas, en algunos casos se utilizan reactivos como la cal o polielectrolitos con el fin de aumentar el rendimiento de secado.

⁹⁸ Ibíd. p. 23.

⁹⁹ Ibíd. p.23.

¹⁰⁰ Ibíd. p. 23

¹⁰¹ RAMÍREZ. Óp. Cit., p. 47.

¹⁰² Ibíd. p. 47

¹⁰³ Ibíd. p. 48.

Una vez el lodo ha sido deshidratado, este se pasa por centrifugador que cuenta con un decantador cilíndrico que centrifuga el lodo a altas velocidades haciendo que el lodo se pulverice del cual se extrae un residuo sólido uniforme y seco. Realizado todo el proceso se dispone en vertederos, relleno de terrenos y canteras, en algunos se utiliza para el compostaje, dependiendo de las características finales del lodo o fango podrían llegar a ser utilizados en la fabricación de productos cerámicos¹⁰⁴.

De acuerdo con los datos teóricos, durante el tratamiento de potabilización del agua se puede decir que:

- El Proceso de sedimentación produce entre el 2% y el 4% de lodos de la cantidad de caudal que procesa.
- Los lodos de lavado de filtros, entre el 1% y el 2% del caudal procesado.
- Que el total del flujo de lodos no debe ser mayor en promedio al 5%.¹⁰⁵

Para conocer la cantidad de lodos producidos en el proceso de tratamiento de la ETAP, cifra que será utilizada en el siguiente capítulo, se consultó al operador de la planta de tratamiento en la visita a la ETAP el señor Rubén Chico* sobre la cantidad de agua captada para el tratamiento y potabilización por parte de Emquilichao ESP, debido a no contar con la información solicitada, se consultaron las fuentes secundarias obteniendo como resultado la figura 3, Cantidad de agua tratada en el acueducto municipal.

Tabla 1. Cantidad de agua tratada en el acueducto municipal

TEMPORADA DE USO	CANTIDAD DE AGUA CAPTADA		FUENTE ABASTECEDORA
Invierno	220 L/s	210 L/s	Río Quilichao. sistema Cambindo
		10 L/s	Río Quilichao. sistema Quitapereza
Verano	155 L/s	30 L/s	Río Quilichao. Ambas bocatomas
		125 L/s	Sistema Río Mondomo

Fuente: Rojas Mañunga, A. Actualización del programa de uso eficiente y ahorro del agua para el municipio de Santander de Quilichao Cauca. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental. 2017 p. 49.

¹⁰⁴ Ibíd. p. 50.

¹⁰⁵ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. ACUIPURIFICACIÓN: Diseño y Sistemas de Purificación de Aguas. Segunda Edición. Bogotá Dc, 1996. p. 294.

(*) ENTREVISTA con Ruben Chico, técnico de ETAP el Arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, Diciembre 17 de 2019.

*m³/d: Unidad de medida de volumen que corresponde al metro cúbico por día.

*L/s: Unidad de medida de volumen correspondiente a litros por segundo

* Para la elaboración de la Tabla 1, se tomó el caudal o cantidad de agua captada en la EATP y se aplicaron fórmulas de volumen para conocer el valor en m³/d, para posteriormente aplicar el porcentaje del 2% (previamente descrito) y obtener el volumen teórico de lodos producidos.

Asumiendo los porcentajes descritos y con el caudal de agua de la Figura 3, se puede hacer un estimado teórico de la cantidad de lodos producidos, teniendo como resultado la Tabla 1.

Tabla 2. Cantidad Teórica de Lodos Generados Según Caudal Tratado

TEMPORADA DE USO	CAUDAL DE AGUA		VOLUMEN TEÓRICO DE LODO PRODUCIDO		TOTAL
	L/s	m ³ /d	SEDIMENTADORES DE 4%	LAVADO DE FILTROS 2%	
INVIERNO	220	19008	760,32	380,16	1140
VERANO	155	13392	535,68	267,84	803,5
TOTAL	375	32400	1296	648	1944

Fuente: Elaboración propia.

Al procesar la información se evidencia una producción de lodos en el tratamiento de agua potable de la estación Quitapereza de 760, 32 m³/d* en sedimentadores y de 380,16 m³/d en filtros de lavado, obteniendo un total de 1140 m³/d de lodos en temporada de invierno, de igual manera la Tabla 1 muestra que en temporada de verano los sedimentadores presentan una producción de lodos de 535,68 m³/d y 267,84 m³/d en el lavado de los filtros, teniendo una representación total de 803,52 m³/d.

4. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE DISPOSICIÓN DE LODOS RESULTANTES DE LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA REALIZADO POR EMQUILICHAO ESP

La caracterización del proceso que se aborda en este capítulo consiste en identificar las condiciones o elementos que hacen parte del proceso de disposición de lodos resultantes de la potabilización del agua realizado por la empresa de servicios públicos Emquilichao ESP.

Para poder ejecutar la caracterización es importante tener presente el proceso de potabilización del agua por parte de la planta de tratamiento, que para este caso se abordó en el capítulo II, puesto que van de la mano, es decir, en la medida que se hace el proceso de potabilización se van generando los lodos, razón por la cual las características de los lodos dependen de la calidad del agua antes de ser tratada y el tratamiento empleado.

El primer paso en la acumulación de los lodos se da en los lavados de los filtros o en las purgas de los decantadores, cuando el operador de la planta realiza la función correspondiente. La importancia del lavado radica en la limpieza de los filtros para que estos no se colmaten y continúen cumpliendo el objetivo de remoción de impurezas, de acuerdo con lo expuesto por el operador de la planta¹⁰⁶.

El lodo acuoso resultado del lavado debería ser dirigido a un tanque en el cual se realiza la mezcla completa, una vez se encuentre en el tanque, el operador de planta debe tomar una muestra para llevar al laboratorio con el fin de ser estudiada y obtener el resultado de sus componentes, para que de esta manera se determine los requisitos que se deben adelantar en el tratamiento. Pero como ya se mencionó anteriormente, para el caso en estudio de Emquilichao ESP no se realiza, debido a que la empresa arroja los lodos al río sin tratamiento.

Por consiguiente, en la Tabla 2 se evidencia la caracterización del proceso de disposición de lodos resultantes de la potabilización del agua realizado por Emquilichao ESP.

¹⁰⁶ Observación inédita, ENTREVISTA con Ruben Chico, técnico de ETAP del arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, Diciembre 13 de 2019. Emquilichao ESP.

Tabla 3. Caracterización del proceso de disposición de lodos resultantes de la potabilización del agua realizado por Emquilichao ESP

Tipo de proceso	Actividad	Requisitos	Frecuencia	Responsable
Limpieza de sedimentador	Programar el lavado	Pala	Cada mes	Operador de planta
	Detener el funcionamiento de la PTAP	Cepillo de cabo largo		
	Abrir Válvula de entrada	Overol		
	Iniciar con la zona de depósito de lodos y revisar canal de desagüe	No aplica		
	Usar agua a media presión de abajo hacia arriba, de arriba hacia abajo			
	Lavar canaletas de recolección de agua sedimentada			
Cerrar Válvulas				
Limpieza de filtro	Cerrar ingreso de agua sedimentada	Bomba	Cada 24 horas cuando sea necesario	Operador de planta
	Cerrar la salida de agua filtrada	Medir tiempo de lavado		
	Abrir el desagüe	Cepillo de cabo largo		
	Abrir y cerrar válvula de lavado			
	Abrir y cerrar el desagüe	No aplica		
Disposición final de lodo	Manipulación de válvulas	Depositar el lodo en el afluente	En la medida que se adelanta el lavado	Operador de planta

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada en entrevista con Ruben Chico, técnico de ETAP el Arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, Diciembre 17 de 2019.

En la tabla anterior se muestran los tres pasos que realiza Emquilichao ESP en el proceso de tratamiento de lodos, como se puede apreciar, se puede decir que no realiza ningún pre o tratamiento a los lodos generados en la potabilización de agua, lo anterior, de acuerdo con la información suministrada por los operadores de la planta de tratamiento¹⁰⁷

¹⁰⁷ Observación inédita, ENTREVISTA con Ruben Chico, técnico de ETAP del arroyo en Santander de Quilichao, Santander de Quilichao, Diciembre 13 de 2019. Emquilichao ESP.

5. IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS PARA REALIZAR UN ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA A UN PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN BASE CERO

En el presente capítulo se aborda la viabilidad económica de la construcción de una planta de tratamiento de lodos generados en la ETAP del Arroyo en la localidad de Santander de Quilichao Cauca, partiendo del concepto de presupuesto base cero, con el cual se pretende conseguir un acercamiento para elaborar el presupuesto y determinar su viabilidad teniendo en cuenta las limitaciones de costo y personal capacitado que esta planeación implica.

Para empezar, el presupuesto base cero hace referencia a un proceso en el que las unidades de una organización relacionan sus gastos a unos paquetes de decisión y los evalúan a la luz de las metas organizacionales, ingresos anticipados y potenciales eficiencias. Los paquetes de decisión, por su parte, son documentos que identifican y describen cada actividad específica y se elaboran para poder analizar y jerarquizar las actividades, proyectos y funciones de mayor a menor beneficio¹⁰⁸.

Una vez abordado en los capítulos anteriores el proceso de potabilización de agua, los tipos y métodos de tratamiento de lodos, se debe establecer el proceso de tratamiento de lodos. Según Arundel se deben tener en cuenta los siguientes factores¹⁰⁹: calidad del lodo, adecuación a las condiciones existentes del proceso de potabilización, flexibilidad del proceso, capacidad de la instalación, costos (mantenimiento, operación y construcción), compatibilidad ambiental, calidad del material procesado.

No obstante, se debe abordar el factor humedad en el tratamiento, debido a que como lo expresa Metcalf y Eddy “el volumen de lodo depende en su mayoría del contenido de humedad. Un lodo primario tiene del 91 al 95% de humedad”¹¹⁰ y en esta etapa se logra eliminar hasta un 50% de la humedad del lodo.

Consecuente con lo anterior, se define como tratamiento inicial un tanque ecualizador o de homogenización, el cual permitirá homogenizar todos los lodos provenientes tanto de sedimentadores como del lavado de filtros, seguido al ecualizador se deberá diseñar un espesador o sedimentador por gravedad, el cual responderá a la necesidad de disminuir la humedad del lodo haciendo el proceso de espesamiento y deshidratación; para finalmente pasar los lodos por medio de bombeo a los lechos de secado, haciendo que en la filtración el agua derivada del proceso pueda ser recirculada al sistema.

Es importante mencionar que, como lo dice Rodríguez “es significativo saber que esta producción no es continua ni constante, pues depende de la composición,

¹⁰⁸ PEREZ PARTIDA, Óp. Cit. p. 80.

¹⁰⁹ ARUNDEL, John. Tratamiento de Aguas Negras y Efluentes Industriales. 2 ed. España. Gamma 2002. p. 133.

¹¹⁰ METCALF y EDDY. Wastewater Engineering Treatment and Reuse (4 ed.). Citado por LIMÓN MACIAS. Óp. Cit., p.13

origen del agua cruda y del coagulante aplicado.”¹¹¹, Motivo por el cual, la planta de tratamiento de lodos no contaría con una producción y/u operación continua.

5.1 La planta de tratamiento de lodos y su diseño*

5.1.1 El Ecualizador

De acuerdo con Rodríguez¹¹² el tanque ecualizador o tanque de homogenización deberá tener como mínimo 0.5 veces el volumen de lodos líquidos generados por la planta en el proceso de desagües de los sedimentadores, las principales características del tanque son: Tubería en la parte superior para recirculación del agua, profundidad periférica = 1.5 m, profundidad en el centro = 2.0 m, largo = 4 m; y ancho = 3 m.

Para lograr que se realice la mezcla, se requieren unas paletas horizontales de modo que el fluido haga un recorrido en forma de zig-zag, y a medida que avance dentro del tanque, la gravedad y la velocidad del agua lograrán la mezcla.

5.1.2 Tanque espesador

Siguiendo con Rodríguez¹¹³ el objetivo principal del tanque espesador o tanque de sedimentación es conseguir que los sólidos presentes en el medio acuoso se compacten en el fondo del tanque, de donde se extraen por bombeo hacia el sistema de deshidratación. Este tanque está conformado por una estructura circular con flujo vertical ascendente y tolva de recolección de lodos. Los espesadores trabajan con tasas similares a los equipos de manto de lodos, entre 24 y 30 m³/ (m²*d). La evacuación de los lodos decantados se puede realizar con descargas periódicas a través de una línea de desagüe provista de bocas de inspección para su mantenimiento. Se adopta una tasa de 24 m³/m²*d, teniendo en cuenta que no se proyectan mecanismos rotatorios para el diseño.

Según Valencia, citado por Rodríguez¹¹⁴ el espesador genera un 60% de disminución de volumen de los lodos tratados, proporción que depende del polímero utilizado para lograr el espesamiento de los lodos.

¹¹¹ RODRÍGUEZ, Óp. Cit. p.71.

(*) Por efectos económicos, no se pueden elaborar planos, debido a que se tendrían que abordar costos de topografía e ingeniería que en caso personal no se podrían solventar, pensando en lo anterior se optó por consultar (como dice en el trabajo) a un ingeniero sanitario-ambiental (de manera gratuita) que diera apoyo en el tema, respetando el factor espacio y localidad.

¹¹² Ibíd. p. 71.

¹¹³ Ibíd. p. 74.

¹¹⁴ Ibíd. p. 76.

5.1.3 Lechos de secado

Es la parte final del proceso, en la cual se reciben los lodos del espesador y para ser deshidratados o desaguados, este es un equipo de diseño complejo y se adquiere directamente del fabricante quien lo realiza según las necesidades del solicitante, por lo tanto se escogió un equipo con las siguientes especificaciones¹¹⁵:

1. Tipo de placa Cámara con marco
2. Número de placas admisibles 35 (Polipropileno blanco)
3. Número de placas instaladas 22 (19 completas y dos medias)
4. Espesor de la torta 26 mm
5. Dimensiones de cada placa 40 cm x 40 cm x 2.54 cm
6. Dimensiones del filtro Ancho: 56 cm. Altura: 92 cm. Longitud: 2 m

Para efectos de la planta de tratamiento de lodos se optó por efecto de costos cambiar el filtro prensa por lechos de secado, puesto que estos son más económicos y más fáciles de operar.

Una vez el lodo se deshidrate estará en condiciones para ser utilizado en el proceso que escoja la administración de la planta, de acuerdo con las condiciones fisicoquímicas que determinen las pruebas de laboratorio.

5.2 Presupuesto de construcción de la planta de tratamiento de lodos para la ETAP ubicada en el sector del Arroyo

En la elaboración del presupuesto se cuenta con la participación de una ingeniera sanitaria y ambiental egresada de la Universidad del Valle de la sede de Meléndez, la ingeniera aporta los requerimientos básicos con que debería contar el proyecto de la elaboración de la planta de tratamiento de lodos. Por lo anterior, se abordaron materiales y conocimientos de ingeniería en la elaboración del presupuesto, de igual forma, en la escogencia de precios para costear se optó por trabajar con los precios oficiales de la Gobernación del Valle del Cauca, los cuales se encuentran oficializados en la página de la organización¹¹⁶.

La anterior decisión fundamentada tanto en la practicidad y disminución de costos de transporte, dada la cercanía del municipio con el departamento del valle, como en el hecho de que la tabla publicada por la gobernación del cauca se encuentra desactualizada y al traer algunos valores a valor presente se identifican mayores valores en los precios (se debe tener en cuenta que las

¹¹⁵ Ibíd. p. 81.

¹¹⁶ GOBERNACIÓN DEL VALLE. Decreto 131047 (11 de julio 2019) Por medio del cual se establece el Listado de Precios Unitarios de Referencia para la contratación de obras civiles del Departamento del Valle del Cauca (en línea). (Consultado: 19 de diciembre de 2019). Disponible en: <https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=viewpdf&id=30213>

versiones más actualizadas se presentan con valores no oficiales ni aprobados)¹¹⁷.

Como resultado se obtuvo en la Tabla 4 el presupuesto de la construcción de una planta de tratamiento de lodos para la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) de Santander de Quilichao ubicada en el sector del Arroyo.

¹¹⁷ Precios Unitarios Para las Obras Civiles del Departamento del Cauca [en línea]. Santander de Quilichao, [citado en 10 de octubre de 2020] disponible en: <URL: <https://www.datos.gov.co/Econom-a-y-Finanzas/Precios-Unitarios-Para-las-Obras-Civiles-del-Depar/m8yc-w6u7>>

Tabla 4. Presupuesto para la construcción de una planta de tratamiento de lodos para la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) de Santander de Quilichao

DEPARTAMENTO DEL CAUCA MUNICIPIO DE SANTANDER DE QUILICHAO		PRESUPUESTO DE OBRA
Obra:	CONSTRUCCIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS PARA LA ETAP UBICADA EN EL SECTOR DEL ARROYO EN SANTANDER DE QUILICHAO	FECHA: ENERO 2020

ITEM	DETALLE	UND	CANT	VR UNIT.	VR TOTAL
------	---------	-----	------	----------	----------

COSTOS DIRECTOS					
I	CONSTRUCCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS				
1	TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN				
1.1	DESCAPOTE MANUAL MÁS RETIRO ALTURA: 0,20 MTS	M2	14	4.302	60.228
1.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA	M2	14	5.953	83.342
1.3	SOLADO ESPESOR E=0,05M 3000 PSI 210 MPA	M2	14	22.125	309.750
1.4	EXCAVACIÓN EN TIERRA EN SECO A MANO. PROFUNDIDAD DE 0.0 A 2.0 M	M3	17	18.016	306.272
1.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CONCRETO 1:2:1 4000 PSI-28MPA	M3	7	707.872	4.955.104
1.6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ACERO DE REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420 MPA	KLS	250	4.642	1.160.500
1.7	RELLENO MATERIAL SITIO COMPACTADO 90%	M3	8	16.568	132.544
1.8	REPELLO MURO IMPERMEABLE* 1:3	M2	16	28.682	458.912
1.9	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA PVC 6" SANITARIA	ML	24	57.179	1.372.296
1.10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN REJILLA DE HIERRO 1,1/2x1/8 L=1.15M	UND	1	383.995	383.995
1.11	CONSTRUCCIÓN CAJA DE INSPECCIÓN EN CONCRETO 0.8*0.8M, (INCLUYE EXCAVACIÓN, RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO, ACARREO Y RETIRO DE SOBANTES HASTA 20 KM)	UND	2	649.314	1.298.628
1.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN VERTEDERO DE AFORO DE 1.0X0,50X0,006 MTS EN ACRILICO	UND	1	674.045	674.045

Tabla 4. (Continuación)

1.13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CODO SANITARIO PVC 90 CC-6"	UND	2	109.727	219.454
1.14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE COMPUERTA 6"	UND	4	1.375.570	5.502.280
1.15	RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON CARGUE EN VOLQUETA A MÁQUINA <=10KM.	M3	11	4.354	47.894
1.16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TAPA MARCO EN ANGULO DE HIERRO	M2	7	274.627	1.922.389
2	SEDIMENTADOR				
2.1	DESCAPOTE MANUAL MÁS RETIRO H=0,20 MTS	M2	130	4.302	559.260
2.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA	M2	130	5.953	773.890
2.3	SOLADO ESPESOR E=0,05M 3000 PSI 210 MPA	M2	130	22.125	2.876.250
2.4	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN RETIRO	M3	271	4.890	1.325.190
2.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN. CONCRETO 1:2:1 4000 PSI-28MPA	M3	49	707.872	34.685.728
2.6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ACERO DE REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420 MPA	KLS	3545	4.642	16.455.890
2.7	RELLENO MATERIAL SITIO COMPACTADO 90%	M3	57	16.568	944.376
2.8	REPELLO MURO IMPERMEABLE 1:3	M2	142	28.682	4.072.844
2.9	SUMINISTRO E INSTALACIÓN MATERIAL FILTRANTE EN POLIPROPILENO	M3	70	645.408	45.178.560
2.10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ADAPTADOR SANITARIO LIMPIEZA PVC 4"	UND	8	28.490	227.920
2.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA PVC 4" SANITARIA	ML	30	33.919	1.017.570
2.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA PVC 6" SANITARIA	ML	15	57.179	857.685
2.13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TEE SANITARIA PVC 6"	UND	6	149.847	899.082
2.14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CODO SANITARIO PVC 90 CC-4"	UND	6	18.274	109.644
2.15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CODO SANITARIO PVC 90 CC-6"	UND	6	109.727	658.362
2.16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN. CINTA PVC JUNTA DILATACION	ML	189	16.948	3.203.172
2.17	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA MEDIA CAÑA 6"	ML	24	107.738	2.585.712
2.18	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA PERFORADA TUBERIA PVC 4" SANITARIA	ML	48	37.760	1.812.480

Tabla 4. (Continuación)

2.19	RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON CARGUE EN VOLQUETA A MÁQUINA <=10KM.	M3	216	4.354	940.464
2.20	SUMINISTRO E INSTALACIÓN REDUCCIÓN SANITARIA PVC 6-4	UND	4	40.520	162.080
2.21	SUMINISTRO E INSTALACIÓN. TEE SANITARIA PVC 4"	UND	8	24.074	192.592
2.22	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE COMPUERTA 6"	UND	4	1.375.570	5.502.280
2.23	SUMINISTRO E INSTALACIÓN. TAPA MARCO ÁNGULO	M2	26	274.627	7.140.302
2.24	ESCALERA TUBO GALVANIZADO 2"	UND	1	921.100	921.100
3	LECHOS DE SECADO				
3.1	DESCAPOTE MANUAL MÁS RETIRO H=0,20 MTS	M2	23	4.302	98.946
3.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA	M2	23	5.953	136.919
3.3	SOLADO ESPESOR E=0,05M 3000 PSI 210 MPA	M2	23	22.125	508.875
3.4	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN RETIRO	M3	45	4.890	220.050
3.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CONCRETO 1:2:1 4000 PSI-28MPA	M3	23	707.872	16.281.056
3.6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ACERO DE REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420 MPA	KLS	1028	4.642	4.771.976
3.7	RELLENO MATERIAL SITIO COMPACTADO 90%	M3	14	16.568	231.952
3.8	REPELLO MURO IMPERMEABLE 1:3	M2	34	28.682	975.188
3.9	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TEE SANITARIA PVC 4"	UND	6	24.074	144.444
3.10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN. TUBERIA PVC 4" SANITARIA	ML	35	33.919	1.187.165
3.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN ADAPTADOR SANITARIO LIMPIEZA PVC 4"	UND	2	28.490	56.980
3.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN MEDIO FILTRANTE GRAVA <=1 CU=0.95-1	M3	13	76.146	989.898
3.13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN MEDIO DE SOPORTE LADRILLO	M2	21	60.692	1.274.532
3.14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERIA PERFORADA TUBERIA PVC 4" SANITARIA	ML	36	37.760	1.359.360
3.15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CODO SANITARIO PVC 90 CC-4"	UND	12	18.274	219.288
3.16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CINTA PVC JUNTA DILATACION	ML	143	16.948	2.423.564

Tabla 4. (Continuación)

3.17	RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON CARGUE EN VOLQUETA A MÁQUINA <=10KM.	M3	32	4.354	139.328
3.18	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CUBIERTA LECHOS DE SECADO	M2	40	241.405	9.656.200
SUBTOTAL CONSTRUCCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS					192.665.787

VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS		192.665.787
COSTOS INDIRECTOS		
TOTAL COSTOS DIRECTOS		192.665.787
ADMINISTRACION	25,00%	48.166.447
IMPREVISTOS	3,00%	5.779.974
UTILIDAD	5,00%	9.633.289
TOTAL AIU	33,00%	63.579.710
VALOR TOTAL COSTOS OBRA CIVIL		256.245.497

COSTO TOTAL DEL PROYECTO		
TOTAL COSTOS OBRA CIVIL		256.245.497
INTERVENTORIA	10%	25.624.550
TOTAL COSTOS INTERVENTORIA		25.624.550
PRESUPUESTO TOTAL		281.870.047

COSTO TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO	
DOSCIENTOS OCHENTA Y UN MILLONES OCHOCIENTOS SETENTA MIL CUARENTA Y SIETE PESOS	

Fuente: Elaboración propia¹¹⁸

¹¹⁸ Colombia. GOBERNACIÓN DEL VALLE. Decreto 131047 (11 de julio 2019) Por medio del cual se establece el Listado de Precios Unitarios de Referencia para la contratación de obras civiles del Departamento del Valle del Cauca (en línea). (Consultado: 19 de diciembre de 2019). Disponible en: <https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=viewpdf&id=30213>

En el presupuesto cuando se habla de repello de muro impermeable, este se realiza con el fin de evitar que las aguas subterráneas por corrientes fluviales o por aguas lluvias se filtren e ingresen a la cámara, de acuerdo a la experiencia de la Ingeniera que colabora con el desarrollo del presupuesto. De la misma manera se aborda el AIU (Administración 25%, Imprevistos 5% y Utilidad 3%) que corresponden a los porcentajes y estimaciones que tiene Emquilichao ESP como empresa para la contratación de obras públicas¹¹⁹.

De acuerdo con la Tabla 4 del presupuesto para la elaboración de una planta de tratamiento de lodos, el costo sería de doscientos ochenta y un millones ochocientos setenta mil cuarenta y siete pesos (\$ 281.870. 047).

Para efectos de conocer los elementos que consolidan el costo y el tiempo de ejecución de la construcción de la planta de tratamiento de lodos de manera más detallada, este se encuentra en el anexo 1 y 2 respectivamente, estos son desarrollados con el apoyo de un ingeniero sanitario y ambiental¹²⁰.

5.3 Viabilidad del proyecto

Para determinar la viabilidad económica del proyecto, se debe contar con el costo de elaboración de la planta y el valor de disminución en la tasa retributiva por vertimientos, dado que en el capítulo tres de la presente investigación se muestra que la cantidad teórica de producción de lodos es de 1140 m³/d en temporada de invierno y de 803,52 m³/d en temporada de verano, por consiguiente, se trabaja con esta cantidad, adicionalmente, como ya se ha mencionado anteriormente que el lodo producido en la potabilización del agua posee una factor de humedad de hasta el 96%, se determinó teóricamente que la cantidad de reducción de lodo es del 4% de la producción total, por lo tanto, una vez se trate el lodo producido, este se reducirá a un estimado de 45,6 m³/d en invierno y de 32 m³/d en verano.

Se halló, que para el año 2015* Emquilichao ESP presentó las cargas contaminantes que se muestran en la Tabla 5.

¹¹⁹ Observación inédita, ENTREVISTA con Ingeniera Sanitaria y Ambiental Jenifer Yela que, Santander de Quilichao, Diciembre 13 de 2019. Emquilichao ESP

¹²⁰ *Ibíd.*

Tabla 5. Carga contaminante en las fuentes receptoras

FUENTE RECEPTORA	CAUDAL VERTIMIENTO (L/s)	CARGA CONTAMINANTE (Kg/día)	
		DBO5	SST
Quebrada Clara Agua	65,3	739,1	750,4
Quebrada Caliente Agua	85,4	478,5	454
Rio Quilichao	77,6	690,6	581,3
Totales	228,3	1908,2	1785,7

Fuente: EMQUILICHAO ESP. Plan de Manejo de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. 2015. p.1

DBO: Demanda biológica de oxígeno.

SST: Solidos suspendidos totales

Los valores expuestos en la Tabla 5 corresponden a vertimiento por lodos generados por el uso del agua, lastimosamente no se encontró un registro o un estudio por parte de Emquilichao ESP que demostrara el valor de la tasa retributiva por vertimientos por concepto de lodos producidos en la ETAP, dado que no está obligado a mostrar esta información en sus informes, adicionalmente, la competencia del ente encargado de control y vigilancia del valor total de descargas le corresponde a la CRC que es la entidad ambiental del Cauca, calculan el impuesto por tasa retributiva con base en factores como: el caudal tomado, la cantidad de habitantes, muestras de laboratorio de cargas contaminantes en los sitios de descargas, entre otros; pero son enfocados principalmente a las descargas de aguas residuales¹²¹.

Por lo anterior, se puede decir que al realizar el tratamiento se disminuiría en una proporción del 1 al 2% en el valor total de la tasa retributiva por vertimientos, cabe notar que esta cifra es una estimación que realiza el personal de la planta de tratamiento de Emquilichao ESP basados en su experiencia¹²². Es decir, que tomando una proporción del 2% aplicado sobre el valor de 157 millones que pagó la empresa de Emquilichao ESP por concepto de impuesto por tasa retributiva en 2019¹²³, en términos monetarios, representaría una disminución aproximada de tres millones ciento cuarenta mil cien pesos (\$ 3.140.100) anuales, para el primer año.

La disminución no es muy representativa, puesto que la generación de lodos que generan el pago de la tasa retributiva por vertimientos es significativamente representada por las aguas residuales. Para complementar la viabilidad del

¹²¹ COLOMBIA.MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1076 (26, Mayo, 2105). Por medio del cual se expide el Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible. Bogotá DC.2015. Art.2.2.9.7

¹²² Observación inédita, entrevista con personal administrativo de Emquilichao ESP, Santander de Quilichao, Diciembre 17 de 2019.

¹²³ Información suministrada por Sandra Elisabeth Garzón Jurado, Profesional Subdirección Financiera de la CRC, Santander de Quilichao, 18 de marzo de 2020.

*Tomado del IPC (índice de precios al consumidor) del 2019, para el incremento del impuesto sobre el impuesto de tasa retributiva por vertimientos.

proyecto, se hizo uso de la herramienta de Excel con los datos obtenidos, con una proyección de crecimiento del 3,8%* del impuesto a pagar, con la intención de hallar la Tasa Interna de Retorno de la inversión proyectada a 10 años, del cálculo se obtuvo la Tabla 6.

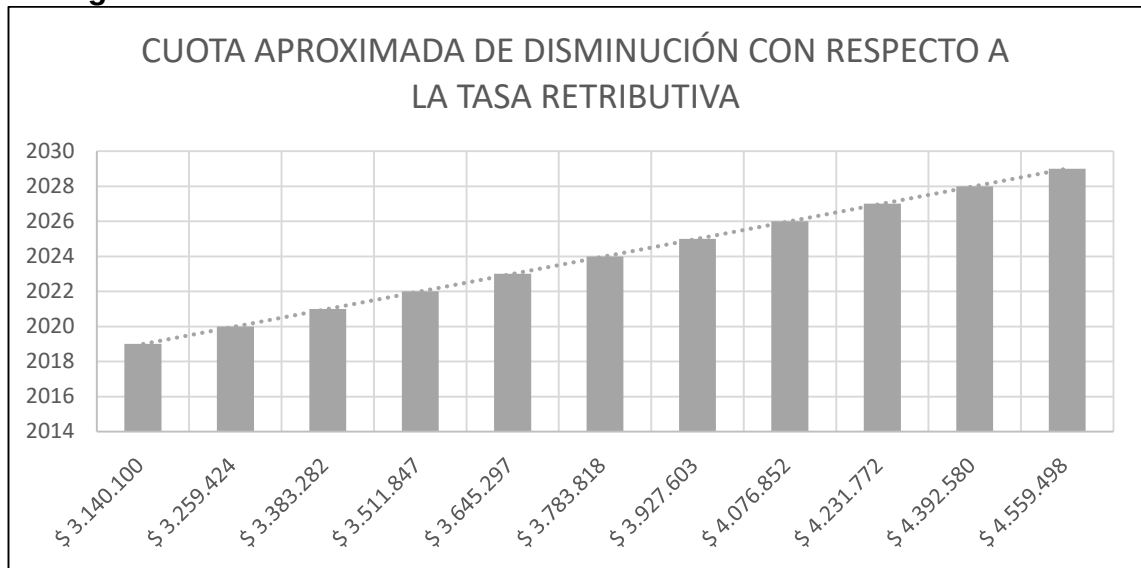
Tabla 6. Calculo de la TIR para el proyecto Planta de tratamiento de lodos en la ETAP del Arroyo

CALCULO DE LA TIR	
INVERSIÓN INICIAL	\$ -281.870.047
2019	\$ 3.140.100
2020	\$ 3.259.424
2021	\$ 3.383.282
2022	\$ 3.511.847
2023	\$ 3.645.297
2024	\$ 3.783.818
2025	\$ 3.927.603
2026	\$ 4.076.852
2027	\$ 4.231.772
2028	\$ 4.392.580
2029	\$ 4.559.498
TIR	-22%

Fuente: Elaboración a partir de la estimación del 2% sobre el valor cancelado por concepto de tasa retributiva por vertimientos del año 2019, y de la aplicación de un incremento del 3,8% sobre los años subsiguientes.

De los datos obtenidos en la Tabla 6 Cálculo de la TIR para el proyecto Planta de tratamiento de lodos en la ETAP del Arroyo, se deriva la Figura 3 Cuotas de disminución sobre el valor de la tasa retributiva, donde se muestra la tendencia del crecimiento en el valor en que se disminuiría la carga impositiva del pago de la cuota por tasa retributiva, como se mencionó anteriormente, los datos son estimados y pueden verse diferenciados de la realidad debido al incumplimiento de la empresa Emquilichao ESP con los parámetros establecidos en el PSMV (Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos) del quinquenio en curso.

Figura 3. Cuotas de disminución sobre el valor de la tasa retributiva



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, en términos económicos, no es viable la implementación de la planta de tratamiento de lodos en la ETAP ubicada en el sector del Arroyo en la municipalidad de Santander de Quilichao Cauca, debido a:

- El costo de implementación de la planta ascendería aproximadamente a \$281.870.047 comparada con una disminución estimada del 2 % del valor pagado como impuesto por tasa retributiva por vertimientos por parte de Emquilichao ESP.
- La TIR para el proyecto es de -22% a 10 años, motivo por el cual se considera la no viabilidad económica de la construcción de la planta de tratamiento de lodos.
- La operación de la planta no sería en forma constante, debido a que la producción del lodo se da especialmente en el lavado de filtros y sedimentadores, los cuales pueden ser cuantificados en un estudio de costos lo cual constituiría otro trabajo de investigación.
- El lodo tratado debe ser acondicionado para poder disponerse o ser utilizado en algún proceso, implicando costos adicionales en mano de obra, químicos u otros productos, por ejemplo, los desperdicios de frutas para obtener compostaje, el cultivo de lombrices con el fin de obtener abono, adición de arcilla y arena para la obtención de productos de construcción, adición de químicos para regularización de Ph para el uso en rellenos sanitarios; entre otros.

No obstante, en términos sociales y técnicos, la viabilidad de la planta traería beneficios a la sociedad Quilichagüña y a su entorno, como por ejemplo:

- El poder recircular el agua extraída en el proceso de tratamiento de los lodos, ya sea para que esta sea tratada de nuevo o simplemente para dejarla correr en el afluente hídrico libre o menor proporción de lodos.
- Un posible ahorro en los costos debido al aprovechamiento del agua recirculada.

- Una disminución de la contaminación del recurso hídrico por el tratamiento de los lodos producidos en la planta de tratamiento de agua potable.
- Como la planta se encuentra en la parte alta de la municipalidad, al verter el agua extraída del tratamiento de lodos en el río, cambiaría su apariencia por tener más caudal.

6. CONCLUSIONES

Emquilichao ESP cuenta con una planta de tratamiento de potabilización de agua tradicional, en la cual se hace un proceso de potabilización segmentado, es decir, dividiendo el proceso en pretratamiento y tratamiento, el pretratamiento abarca todas las labores realizadas por los operarios hasta que el agua llega a la planta para ser tratada. Del mismo modo, el tratamiento cumple con los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

En el tratamiento de agua se generan lodos especialmente en los filtros y en los sedimentadores, estos lodos son categorizados por Aldana y Pérez¹²⁴ como lodos aprovechables debido a que no son producidos por desechos residuales, poseen propiedades fisicoquímicas que permiten ser utilizados en subprocesos ya sea como fertilizantes, compost, o en algunos casos en la producción de cerámicas. El tratamiento definido para el caso de la ETAP objeto de estudio fue la homogenización, el espesamiento de lodos y la deshidratación por lechos de secado, los cuales responden a factores como el espacio, de fácil proceso y económico.

En términos de caracterización del proceso de disposición de lodos resultantes de la potabilización del agua realizado por Emquilichao ESP, en la Tabla 2 se definió el tipo de proceso a realizar, las actividades a ejecutar, los requisitos, la frecuencia con que se deben ejecutar y el responsable del proceso. En cuanto a la viabilidad económica de la ejecución del proyecto, se concluye que no es viable debido a que el costo de construcción de la planta de tratamiento de lodos tendría un valor aproximado de \$281.870.047, lo que representaría para la empresa de Emquilichao ESP una posible reducción aproximada de tres millones ciento cuarenta mil cien pesos (\$ 3.140.100) anuales en el pago del impuesto de la tasa retributiva por vertimientos* para el año 2019.

Finalmente, se concluyó que, según los datos obtenidos, la implementación de la planta de tratamiento de lodos tendría una TIR negativa del 22% a diez años, factor considerable en la elección de viabilidad económica, no obstante, se hizo la observación de que, a pesar de no ser viable económicamente, esta inversión traería beneficios sociales a la comunidad de Santander de Quilichao, realzando el vínculo eco sistémico entre la organización, la comunidad y el medio ambiente teniendo presente que desarrollan dentro de un sistema abierto.

Es decir, que no es viable económicamente, pero en términos sociales podría impactar en la calidad de agua vertida a los afluentes, así como en el valor a pagar por el servicio de suministro de agua por parte de la comunidad y el mejoramiento de la calidad del entorno, sin embargo, esta parte constituiría otro trabajo de investigación que se menciona en las recomendaciones.

¹²⁴ ALDANA y PÉREZ. Óp. Cit. p.18

*Impuesto pagado por el vertimiento de residuos a un recurso hídrico.

Se debe resaltar también que al complementar el proceso de la potabilización del agua con la planta de tratamiento de lodos, Emquilichao estaría siendo responsable con el medio ambiente y dando cumplimiento al principio fundamental del desarrollo sostenible, por ende aportando al cumplimiento de algunos de sus objetivos (ODS)¹²⁵, tales como:

- Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos/as.
- Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

¹²⁵ Organización de las Naciones Unidas (ONU). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNDU). los retos para el 2030. Disponible en: undp-co-PUBL-julio-ODS-en-Colombia-los-retos-para-2030-ONU.pdf

7. RECOMENDACIONES

En el desarrollo del conocimiento relacionado con la viabilidad económica de implementación de una planta de tratamiento de lodos en la ETAP del Arroyo del municipio de Santander de Quilichao se sugiere:

- Abordar un estudio de costos para la caracterización fisicoquímica de los lodos producidos en la potabilización del agua en la ETAP del Arroyo.
- Realizar un estudio donde se evidencie la representación económica de los lodos producidos en la ETAP, con respecto al valor pagado por tasa retributiva que efectúa la empresa de servicios públicos Emquilichao ESP.
- Realizar un estudio de costo-beneficio de la implementación de la planta de tratamiento de lodos en la ETAP operada por Emquilichao ESP.

A Emquilichao ESP, se le recomienda el estudio de la alternativa de la implementación de la planta de tratamiento de lodos, con el fin de determinar los beneficios ambientales que puede generar.

8. BIBLIOGRAFÍA

ALDANA TIQUE, Angie; PÉREZ ROJAS, Ricardo. Propuesta para el tratamiento y aprovechamiento de lodos en una PTAP convencional. Caso de estudio: planta de tratamiento de agua potable de El Espinal - Tolima. 2017. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/702.

AMADOR DÍAZ, Anisley; VELIZ LORENZO, Eliet; BATALLER VENTA, Mayra. Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Cuba. 2004, p.1-10.

ARIZA, Efren, Luces y sombras en el "poder constitutivo de la contabilidad ambiental", Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, 2007, p. 45-60

ARNOLD CATHALIFAUD, Marcelo; y OSORIO, Francisco, Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas, Cinta de Moebio, Santiago, Chile, 1998, p. 1-12

ARTARAZ, Miñon Miren. Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. España: Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. España, 2002 p.1-6

ARUNDEL, John. Tratamiento de Aguas Negras y Efluentes Industriales. Segunda edición. España. Gamma. 2002.

BARRERA TEJEIRO, José, MARTINEZ ALVAREZ, José Antonio. Fortalezas y debilidades del presupuesto base cero. Madrid: Instituto de estudios fiscales. 2012. p. 9-21

BRUNDTLAND, Gro Harlem. Nuestro futuro común. Estocolmo. 1987. p. 1-416

CASERO, David. Potabilización del agua. Módulo IV: Abastecimientos y saneamiento urbanos. Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2007/2008. p. 10-18.

CDTE, CENTRO DESARROLLO TECNOLÓGICO EMPRESARIAL. Guía para elaborar un plan de viabilidad. España. (s.f.). p. 1-16

CHULLUNCUY, Nadia. Tratamiento de agua para consumo humano. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Ingeniería industrial nº 29. 2011. p. 166

COLOMBIA, CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. Documento compes 3463. Por el cual se dictan los lineamientos para la estructuración, la financiación y la ejecución de los Planes Departamentales de Agua y Saneamiento para el Manejo Empresarial de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, los cuales se constituyen en la estrategia principal para

implementar la política sectorial del Gobierno Nacional. Bogota DC . 2007 p.1-30

COLOMBIA, CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. Documento compes 3550. Por el cual se dictan los lineamientos para la formulación de una Política Integral de Salud Ambiental, con el fin último de contribuir bajo un enfoque integral al mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar de la población colombiana., Bogota. 2008, p.1-53

COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA, Norma tecnica de calidad para gestion publica, por la cual se especifica los requisitos para la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad aplicable a la rama ejecutiva del poder público y otras entidades prestadoras de servicios. Bogotá. Colombia 2009 p.1-88

COLOMBIA, MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES, DIRECCIÓN DE ASUNTOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES MULTILATERALES, Antecedentes agenda ambiental internacional. Colombia, Septiembre, 2011. p 1-9

DONADO H, Roger. Plan de gestión para lodos generados en las ptar-d de los municipios de Cumaral y San Martín de los llanos en el departamento del Meta. Cumaral y San Martín de los llanos. 2013. p. 1-86.

EMQUILICHAO E.S.P, Programa eficiente de uso de agua, santander de quilichao, cauca, 2009, p. 42

EMQUILICHAO ESP, quienes somos. [en linea].Santander de quilichao, Emquilichao ESP [citado en 4 de abril de 2017] disponible en: <URL: <http://emquilichao.gov.co/quienes-somos/>>.

FRAUME RESTREPO, Nestor j. Diccionario ambiental. ECOE. Bogota. 2007 obtenido de <https://es.scribd.com/doc/283148274/DICCIONARIO-ECOLOGIA-Ambiental>

GALLÓN MARTÍNEZ, Juan C. Modelo Gallón para la evaluación de impactos ambientales. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Militar Nueva Granada. Bogota., 2003 p.103-108 .

GÓMEZ LÓPEZ, Roberto. Evolución científica y metodológica de la Economía, Málaga, s.f. p.1-171

GUTIÉRREZ, Garza Esthela, De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario, Monterrey: Trayectorias.México, 2007. p. 21-35

GUTIERREZ ROSERO, Johnatan Alberto; RAMÍREZ FAJARDO, Álvaro Ignacio; RIVAS, Rodrigo; LINARES, Balmes; PAREDES, Diego. Tratamiento de lodos

generados en el proceso convencional de potabilización de agua. Medellín. 2014. p.13-27

HERNÁNDEZ, Edwin y CORREDOR, Carlos. Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua, se dispondrá en el laboratorio de aguas de la universidad católica de Colombia. Bogotá, 2017. p.26.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. sistema de gestion ambiental, 1996. ISO 14000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. sistema de gestion ambiental, 2004. ISO 14001.

IRAUSQUÍN, Caridad. Fundamentación teórica para la construcción de un sistema de contabilidad ambiental. Revista Multiciencias, Venezuela, 2010. p. 95-101. ISSN 1317-2255.

JIMENÉZ CORDOVA, Lesly Victoria. Caracterización e inertización de lodos generados en las plantas de tratamiento de agua potable Bellavista y Puengasí, para su aprovechamiento. Universidad internacional SEK, Quito. 2019.

LIMÓN MACÍAS, Juan Gualberto. Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso? México. Julio 2013. p. 1-45

MAASS, Jose manuel y MARTINEZ-YRIZAR, Angelina. Los ecosistemas: definicion origen e importancia del concepto. Ciencias especial 4,1990. p. 10-20.

MORALES PÉREZ, Milagros, El desarrollo local sostenible, Economía y Desarrollo, vol. 140, núm. 2, julio-diciembre, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba, 2006, p. 60-71

OROPEZA GARCIA, Norma. Lodos residuales: estabilización y manejo. México. 2006, p. 61-70

ORTIZ HERNÁNDEZ, María Laura; GUTIÉRREZ RUÍZ, Margarita y SANCHEZ SALINAS, Enrique. Propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la ciudad industrial del Valle de Cuernavaca. EN: Rev. Int. Contén. Ambient. Noviembre, 1995. p. 105-115

PEREZ PARTIDA, Héctor Rafael. Reflexiones sobre el presupuesto base cero y el presupuesto basado en resultados. México: El Cotidiano. 2015. p. 78-84

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. informe sobre el desarrollo humano. nueva york: Communications Development Incorporated. 2016.

QUINCHE MARTIN, Fabia Leonardo. UNA EVALUACIÓN CRÍTICA DE LA CONTABILIDAD AMBIENTAL EMPRESARIAL, Revista de la Facultad de

Ciencias Económicas de la Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, 2008. p. 197-216

RAMIREZ QUIROS, Francisco. Lodos producidos en el tratamiento de agua potable. Madrid. 2008. p. 45-52. Disponible en: <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-222-lodos-producidos-tratamiento-agua-potable.aspx>

RODRIGUEZ TORRES, José Nicolás. propuesta metodológica para tratamiento de lodos provenientes de plantas de potabilización en la Sabana de Bogotá (estudio de caso Madrid-Cundinamarca). Proyecto de grado presentado como prerrequisito para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Libre. Bogotá DC. 2103.

ROJAS MAÑUNGA, Angie Liceth. Actualización del programa de uso eficiente y ahorro del agua para el municipio de Santander de Quilichao Cauca. Pasantía institucional para optar por el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali. 2017.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua, segunda edición. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2006.

SANCA TINTA, Miler Daen. Tipos de investigación científica. En: Revista de Actualización Clínica. 2011, p. 621-624

SANCHEZ, Milton Harvey, Una aplicación de la teoría de sistemas al desarrollo de productos, Revista Universidad Eafit, Santafé de Bogotá, 1997 p. 1-25

URTEAGA, Eguzki La teoría de sistemas de Niklas Luhmann, Revista Internacional de Filosofía, vol. XV, Málaga, España, 2009. p. 301-317

9. ANEXOS

Anexo 1. Elemento del costo del proyecto

ELEMENTOS DEL COSTO DE LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS PARA LA ETAP UBICADA EN EL SECTOR DEL ARROYO EN SANTANDER DE QUILCHAO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	M. OBRA	EQUIPOS	TOTAL
1	TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN				
1.1	DESCAPOTE MANUAL MÁS RETIRO H=0,20 MTS		3122	1179	4302
1.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA	1327	2957	1669	5953
1.3	SOLADO ESPESOR E=0,05M 3000 PSI 210 MPA	14928	7144	53	22125
1.4	EXCAVACIÓN EN TIERRA EN SECO A MANO. PROFUNDIDAD DE 0.0 A 2.0 M		17840	176	18016
1.5	SUM E INST. CONCRETO 1:2:1 4000 PSI-28MPA	466371	178400	63100	707872
1.6	SUM E INST. ACERO DE REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420 MPA	3750	892		4642
1.7	RELLENO MATERIAL SITIO COMPACTADO 90%	2595	8920	5053	16568
1.8	REPELLO MURO IMPERMEABLE 1:3	17756	10716	209	28682
1.9	SUM E INST. TUBERIA PVC 6" SANITARIA	53793	2858	528	57179
1.10	SUM E INST. REJILLA DE HIERRO 1,1/2x1/8 L=1.15M	287463	96444	88	383995
1.11	CONSTRUCCIÓN CAJA DE INSPECCIÓN EN CONCRETO 0.8*0.8M, (INCLUYE EXCAVACIÓN, RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO, ACARREO Y RETIRO DE SOBANTES HASTA 20 KM)	513174	129769	6371	649314
1.12	SUM E INST. VERTEDERO DE AFORO DE 1.0X0,50X0,006 MTS EN ACRILICO	625127	34486	14432	674045
1.13	SUM E INST. CODO SANITARIO PVC 90 CC-6"	103984	5566	176	109727
1.14	SUM E INST. DE VÁLVULA DE COMPUERTA 6"	1250000	115010	10560	1375570
1.15	RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON CARGUE EN VOLQUETA A MAQUINA <=10KM.			4354	4354
1.16	SUM E INST. TAPA MARCO ANGULO	163022	88109	23496	274627
2	SEDIMENTADOR				
2.1	DESCAPOTE MANUAL MÁS RETIRO H=0,20 MTS		3122	1179	4302
2.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA	1327	2957	1669	5953
2.3	SOLADO ESPESOR E=0,05M 3000 PSI 210 MPA	14928	7144	53	22125
2.4	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN RETIRO		1986	2904	4890
2.5	SUM E INST. CONCRETO 1:2:1 4000 PSI-28MPA	466371	178400	63100	707872
2.6	SUM E INST. ACERO DE REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420 MPA	3750	892	0	4642
2.7	RELLENO MATERIAL SITIO COMPACTADO 90%	2595	8920	5053	16568
2.8	REPELLO MURO IMPERMEABLE 1:3	17756	10716	209	28682
2.9	SUM E INST. MATERIAL FILTRANTE EN POLIPROPILENO	489020	118919	37468	645408

Anexo 1. (Continuación)

2.10	SUM E INST. ADAPTADOR SANITARIO LIMPIEZA PVC 4"	23000	5313	176	28490
2.11	SUM E INST. TUBERIA PVC 4" SANITARIA	26397	6993	528	33919
2.12	SUM E INST. TUBERIA PVC 6" SANITARIA	53793	2858	528	57179
2.13	SUM E INST. TEE SANITARIA PVC 6"	147465	2381		149847
2.14	SUM E INST. CODO SANITARIO PVC 90 CC-4"	12784	5313	176	18274
2.15	SUM E INST. CODO SANITARIO PVC 90 CC-6"	103984	5566	176	109727
2.16	SUM E INST. CINTA PVC JUNTA DILATACION	12976	3795	176	16948
2.17	SUM E INST. TUBERIA MEDIA CAÑA 6"	64544	37529	5665	107738
2.18	SUM E INST. TUBERIA PERFORADA TUBERIA PVC 4" SANITARIA	30766	6993	6050	43810
2.19	RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON CARGUE EN VOLQUETA A MAQUINA <=10KM.		4014	340	4354
2.20	SUM E INST. REDUCCIÓN SANITARIA PVC 6-4	34777	5566	176	40520
2.21	SUM E INST. TEE SANITARIA PVC 4"	21692	2381	528	24602
2.22	SUM E INST. DE VÁLVULA DE COMPUERTA 6"	1250000	115010	10560	1375570
2.23	SUM E INST. TAPA MARCO ANGULO	163022	88109	23496	274627
2.24	ESCALERA TUBO GALV.2"	904200	13380	3520	921100
3	LECHOS DE SECADO				
3.1	DESCAPOTE MANUAL MÁS RETIRO H=0,20 MTS		3122	1179	4302
3.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA	1327	2957	1669	5953
3.3	SOLADO ESPESOR E=0,05M 3000 PSI 210 MPA	14928	7144	53	22125
3.4	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN RETIRO		1986	2904	4890
3.5	SUM E INST. CONCRETO 1:2:1 4000 PSI-28MPA	466371	178400	63100	707872
3.6	SUM E INST. ACERO DE REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420 MPA	3750	892	0	4642
3.7	RELLENO MATERIAL SITIO COMPACTADO 90%	2595	8920	5053	16568
3.8	REPELLO MURO IMPERMEABLE 1:3	17756	10716	209	28682
3.9	SUM E INST. TEE SANITARIA PVC 4"	21692	2381	0	24074
3.10	SUM E INST. TUBERIA PVC 4" SANITARIA	26397	6993	528	33919
3.11	SUM E INST. ADAPTADOR SANITARIO LIMPIEZA PVC 4"	23000	5313	176	28490
3.12	SUM E INST. MEDIO FILTRANTE GRAVA <=1 CU=0.95-1	27885	38801	9460	76146
3.13	SUM E INST. MEDIO DE SOPORTE LADRILLO	33000	19640	8052	60692
3.14	SUM E INST. TUBERIA PERFORADA TUBERIA PVC 4" SANITARIA	30766	6993	0	37760
3.15	SUM E INST. CODO SANITARIO PVC 90 CC-4"	12784	5313	176	18274
3.16	SUM E INST. CINTA PVC JUNTA DILATACION	12976	3795	176	16948
3.17	RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON CARGUE EN VOLQUETA A MAQUINA <=10KM.		4014	340	4354
3.18	SUM E INST. CUBIERTA LECHOS DE SECADO	159973	80237	1194	241405
SUBTOTAL		8203635	1728110	389440	10321186

Fuente: Elaboración propia.

Los valores del Anexo 1 están dados de acuerdo con la unidad de medida expresada en la Tabla 4. Presupuesto para la construcción de una planta de tratamiento de lodos para la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) de Santander de Quilichao.

Anexo 2. Cronograma de ejecución del proyecto

CRONGRAMA DE ACTIVIDADES EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO																			
ITEM	DESCRIPCIÓN	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4					
	ETAPA PRE CONTRACTUAL	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN																		
1.1	DESCAPOTE MANUAL MÁS RETIRO H=0,20 MTS	x																	
1.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA	x																	
1.3	SOLADO ESPESOR E=0,05M 3000 PSI 210 MPA	x																	
1.4	EXCAVACIÓN EN TIERRA EN SECO A MANO. PROFUNDIDAD DE 0.0 A 2.0 M	x																	
1.5	SUM E INST. CONCRETO 1:2:1 4000 PSI-28MPA	x																	
1.6	SUM E INST. ACERO DE REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420 MPA	x																	
1.7	RELLENO MATERIAL SITIO COMPACTADO 90%	x																	
1.8	REPELLO MURO IMPERMEABLE 1:3	x																	
1.9	SUM E INST. TUBERIA PVC 6" SANITARIA		x																
1.10	SUM E INST. REJILLA DE HIERRO 1,1/2x1/8 L=1.15M		x																
1.11	CONSTRUCCIÓN CAJA DE INSPECCIÓN EN CONCRETO 0.8*0.8M, (INCLUYE EXCAVACIÓN, RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO, ACARREO Y RETIRO DE SOBRANTES HASTA 20 KM)		x																
1.12	SUM E INST. VERTEDERO DE AFORO DE 1.0X0,50X0,006 MTS EN ACRILICO		x																
1.13	SUM E INST. CODO SANITARIO PVC 90 CC-6"			x															
1.14	SUM E INST. DE VÁLVULA DE COMPUERTA 6"			x															
1.15	RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON CARGUE EN VOLQUETA A MAQUINA <=10KM.			x															
1.16	SUM E INST. TAPA MARCO ANGULO			x															
2	SEDIMENTADOR																		
2.1	DESCAPOTE MANUAL MÁS RETIRO H=0,20 MTS				x														
2.2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO OBRA				x														
2.3	SOLADO ESPESOR E=0,05M 3000 PSI 210 MPA				x														
2.4	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN RETIRO				x														
2.5	SUM E INST. CONCRETO 1:2:1 4000 PSI-28MPA					x													

Anexo 2. (Continuación)

[illegible]

[illegible]

Fuente: elaboración propia.

El Anexo 2 se realiza de acuerdo con la Tabla 4. Presupuesto para la construcción de una planta de tratamiento de lodos para la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) de Santander de Quilichao y con el concepto de un ingeniero sanitario y ambiental, se considera que el tiempo estimado de ejecución de la obra es de cuatro meses.