



Trabajo de Grado: LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
ING. AMBIENTAL - UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA – ARAUCA



DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA – ARAUCA

LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
1094270251

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
SARAVENA
2018



Trabajo de Grado: LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
ING. AMBIENTAL - UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVERENA – ARAUCA



DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVERENA – ARAUCA

LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
1094270251

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

DIRECTOR
FIDEL ANTONIO CARVAJAL SUAREZ
Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
SARAVERENA
2018



Nota de Aceptación

3.99

Presidente del Jurado

JACIPT ALEXANDER RAMON VALENCIA

Jurado

JAVIER AUGUSTO VERA SOLANO

Jurado

Saravena-Arauca (15, 06, 2018)



DEDICATORIA

Dedicado en primer lugar a mi Dios creador, a mi madre Ana Lucia Archila Manrique quien ha sido mi apoyo incondicional en todo momento por tanto amor y confianza brindada, a mi padre Carlos Uxamin Sarmiento Pérez que aunque no se encuentre conmigo le doy gracias por darme las enseñanzas que me forjaron como ser humano integral para la sociedad.



AGRADECIMIENTOS

A Dios por todas las bendiciones recibidas durante mi proceso de formación profesional, por permitirme llegar a este punto tan importante de mi vida.

A mi madre Ana Lucia Archila Manrique por entregar todo de ella para sacarnos a mi hermano y a mi adelante, a mi tío Juan Alexis Archila Manrique por ser mi apoyo durante toda mi carrera infinitas gracias, a toda mi familia, hermanas, mi hermano que ya no se encuentra con nosotros, tías y tíos que me acompañaron en este proceso, mi primo junior por ser quien me dio la iniciativa de iniciar esta carrera y mi life por impulsarme a no desfallecer...

A los ingenieros Carlos Enrique López Mejía por compartir sus conocimientos, por la paciencia, Lizeth Amparo López Areniz, Maria Esther Rivera, Manuel Antonio Contreras y Fidel Antonio Carvajal por su apoyo en este proyecto.

A los ingenieros Libardo Martínez y Emilce Dueñez Prieto, Don Bernardo Arguello por confiar en mi trabajo, la microbióloga Yenni Marcela Nuñez por compartir sus conocimientos, por la paciencia y apoyo en este proyecto, la ECAAAS por permitirme realizar mis pasantías en su empresa, a todos los compañeros de la empresa Maria Fernanda Florez, Daniela Merchán, Jeisson Arias y demás compañeros de trabajo por hacer cada día más agradable mi estadía, a los operadores de la PTAP, STAR y CELDA TRANSITORIA por su disposición...

A mis amigos Jackeline Castaño Tarazona, Jesús Albeiro Pérez, Elizabeth, Lina, Edinson, Tatiana y demás compañeros que durante mi carrera me dieron la mano y su voz de aliento para no desfallecer ante tanto percance, a quienes pusieron su granito de arena.

Y por último a la Universidad de Pamplona por la formación profesional, al municipio de pamplona en donde llegue siendo nadie y salgo siendo una ingeniera.

A quienes no nombre pero estuvieron hay en mi proceso muchas gracias.

¡Gracias Papá Dios por todas las bendiciones!!



CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	18
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	20
3.2 JUSTIFICACIÓN	20
4. MARCO TEÓRICO	21
4.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE – PTAP	21
4.2 MÉTODOS DE TRATAMIENTO AVANZADOS	31
4.3 ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS.....	36
4.4 ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN DE LODOS ESTABILIZADOS.....	39
5. MARCO REFERENCIAL	42
5.1 ESTADO DE ARTE	42
5.2 MARCO CONTEXTUAL.....	45
6. MARCO LEGAL	54
7. METODOLOGIA	58
8. ANALISIS DE RESULTADOS	60
8.1 EVALUACION Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SARAVERENA.....	60
8.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P.....	93
8.3 CUANTIFICACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS A PARTIR DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE ECAAAS E.S.P.	103
8.4 DETERMINACIÓN DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS.....	105
8.5 DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS A TRAVES DE LECHOS DE SECADO	107
8.5.1 DISEÑO DE LA CÁMARA DE FILTRADO Y SECADO (LECHOS DE SECADO)	107



8.5.2 CALCULO DE LAS BOMBAS PARA SUCCIÓN E IMPULSIÓN.....	117
8.5.3 DISEÑO DE CÁMARA DE PRETRATAMIENTO CON CARBÓN ACTIVADO Y DE CÁMARA DE BOMBEO	119
8.5.4 ESPECIFICACIONES DEL INYECTOR DE AIRE.....	122
8.6 ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS LODOS UNA VEZ SEAN TRATADOS	123
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES.....	126
BIBLIOGRAFÍA	127
ANEXOS	130
Anexo 1. DISEÑO ALTERNATIVA PARA TRATAMIENTO DE LODOS DE ECAAAS E.S.P. - VISTA EN PLANTA	130
Anexo 2. CUANTIFICACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS A PARTIR DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE ECAAAS E.S.P	131
Anexo 3. PLANTA DE CAMARA DE FILTRADO Y SECADO DE LODOS	133
Anexo 4. CORTE DE LECHO DE CAMARA DE FILTRADO Y SECADO	134
Anexo 5. DISEÑO DE CAMARA DE PRETRATAMIENTO CON CARBON ACTIVADO Y CAMARA DE BOMBEO	135
Anexo 6. RESULTADOS SIAMA LTDA. DE LODO DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVERENA.....	136
Anexo 7. ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE MUESTRA DE LODO DE LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES MUNICIPIO DE SARAVERENA-ARAUCA (18 MAYO) – ECAAAS E.S.P.....	141
Anexo 8. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P	155
Anexo 9. ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO	174
Anexo 10. INSTRUCTIVO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA EL LECHO SECADO DE LODOS DE LA ECAAAS E.S.P.....	175



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Precipitación media anual – Estación de Saravena - cód. 3504501	42
Tabla 2. Características del agua rio Satocá	59
Tabla 3. Especificaciones de la red	83
Tabla 4. Componentes del sistema de acueducto	84
Tabla 5. Capacidad de los componentes	85
Tabla 6. Estado de los componentes	85
Tabla 7. Caracterización fisicoquímica-microbiológica y metales presentes en los lodos de la ECAAAS E.S.P.	86
Tabla 8. Evaluación de los parámetros de los lodos de la ECAAAS E.S.P. mediante la Resolución No. 0631	87
Tabla 9. Volumen de lodos producidos en la PTAP de Saravena	94
Tabla 10. Comparación de alternativas para tratamiento de lodos	95
Tabla 11. Tiempo de Digestión de lodos	100
Tabla 12. Diseño de cámara de filtrado y secado de lodos (Lechos de secado de lodos)	108
Tabla 13. Calculo De Las Bombas Para Succión E Impulsión	110
Tabla 14. Diseño de cámara de Pretratamiento con carbón activado y bombeo	113
Tabla 15. Especificaciones del inyector de aire.	113
Tabla 16. Alternativas de disposición de lodos estabilizados	114



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Unidad de mezcla	31
Figura 2. Espesador de gravedad	32
Figura 3. Espesador por flotación de aire disuelto	33
Figura 4. El proceso STC de secado térmico a baja temperatura	33
Figura 5. Filtro de prensa	34
Figura 6. Filtro de banda	35
Figura 7. Centrifuga	35
Figura 8. Plano General del Acueducto de Saravena	40
Figura 9. Histograma de distribución interanual de la lluvia en Saravena	43
Figura 10. Panorámica área cuenca rio Bojaba, aducción proyectada	55
Figura 11. Panorámica general de la planta de tratamiento	65
Figura 12. Evaluación de DQO obtenido con la norma	88
Figura 13. Evaluación de ST obtenido con la norma	89
Figura 14. Evaluación de pH obtenido con la norma	90
Figura 15. Evaluación de SST obtenido con la norma	90
Figura 16. Evaluación de SS obtenido con la norma	91
Figura 17. Evaluación de DBO5 obtenido con la norma	91
Figura 18. Evaluación de Cloruros obtenido con la norma	92



LISTA DE FOTOGRAFIAS

		Pág.
Fotografía 1.	Rio Satocá	57
Fotografía 2.	Rio Satocá	57
Fotografía 3.	Bocatoma	58
Fotografía 4.	Bocatoma	58
Fotografía 5.	Bocatoma	58
Fotografía 6.	Bocatoma	58
Fotografía 7.	Desarenador	61
Fotografía 8.	Desarenador	61
Fotografía 9.	Valla Informativa de la PTAP	65
Fotografía 10.	Vista general de la PTAP	66
Fotografía 11.	Estructura de llegada, taquilla de adición de químicos	67
Fotografía 12.	Estructura de llegada, taquilla de adición de químicos	67
Fotografía 13.	Tren de floculación-sedimentación	69
Fotografía 14.	Trenes de floculación-sedimentación	70
Fotografía 15.	Estado actual de las mayas de los sedimentadores	71
Fotografía 16.	Acceso del agua a los filtros, momento de lavado de un filtro	72
Fotografía 17	Fotografía 17: Bodega de almacenamiento, Tanques de Hidroxicloruro e hipoclorito de calcio	74
Fotografía 18.	Bodega de almacenamiento, Cal Hidratada Tipo M	74
Fotografía 19.	Dosificadores de coagulantes	75
Fotografía 20.	Bodega almacenamiento de cloro gaseoso	75
Fotografía 21.	Bala de cloro, reloj bascula	76
Fotografía 22.	Dosificador de cloro	76
Fotografía 23.	Cloradores sobre tablero de control	77
Fotografía 24.	Detector de fugas de cloro	77
Fotografía 25.	Vista general área Administrativa	78
Fotografía 26.	Laboratorios físicos, químicos y microbiológicos	79
Fotografía 27.	Caseta del generador eléctrico	80
Fotografía 28.	Generador eléctrico	80
Fotografía 29.	Tanque de Almacenamiento	81



LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1.	Bocatoma	57
Esquema 2.	Sistema de desarenador	63
Esquema 3.	Estructura de llegada y mezcla rápida	68
Esquema 4.	Trenes de floculación-sedimentación	70
Esquema 5.	Sistema de filtros	73
Esquema 6.	Unidad de deshidratación de lodos y pre tratamiento de agua vista en planta	98
Esquema 7.	Alternativa Avanzada para el Tratamiento de Lodos - Vista En Planta	104
Esquema 8.	Planta De Cámara De Filtrado Y Secado De Lodo (Lecho De Secado De Lodos)	105
Esquema 9.	Corte De Cámara De Filtrado Y Secado De Lodo (Lecho De Secado De Lodos)	107
Esquema 10.	Corte De Cámara De Pretratamiento Con Carbón Activado Y Cámara De Bombeo	112



LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. DISEÑO ALTERNATIVA PARA TRATAMIENTO DE LODOS DE ECAAAS E.S.P. - VISTA EN PLANTA
- Anexo 2. CUANTIFICACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS A PARTIR DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE ECAAAS E.S.P
- Anexo 3. PLANTA DE CAMARA DE FILTRADO Y SECADO DE LODOS
- Anexo 4. CORTE DE LECHO DE CAMARA DE FILTRADO Y SECADO
- Anexo 5. DISEÑO DE CAMARA DE PRETRATAMIENTO CON CARBON ACTIVADO Y CAMARA DE BOMBEO
- Anexo 6. RESULTADOS SIAMA LTDA. DE LODO DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA
- Anexo 7. ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE MUESTRA DE LODO DE LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES MUNICIPIO DE SARAVENA-ARAUCA (18 MAYO y 21 DICIEMBRE 2017) – ECAAAS E.S.P
- Anexo 8. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P
- Anexo 9. ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO
- Anexo 10. INSTRUCTIVO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA EL LECHO SECADO DE LODOS DE LA ECAAAS E.S.P.



GLOSARIO

Para tener mayor claridad e interpretación se presentaran las siguientes definiciones, extraídas del RAS 2000 Titulo C y Titulo E.

AGUA POTABLE: Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el Decreto 475 de 1998, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud.

ANÁLISIS: Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

CALIDAD DEL AGUA: Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

CAUDAL DE DISEÑO: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

COAGULACIÓN: Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA: Alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) Ó DEMANDA DE OXÍGENO: Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y



temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO): Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

DESHIDRATACIÓN DE LODOS: Proceso de remoción del agua de lodos hasta formar una pasta.

DISPOSICIÓN FINAL: Disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados.

EMISARIO: Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado y las lleva a una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento y las lleva hasta el punto de disposición final.

FILTRACIÓN: Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

IMPACTO AMBIENTAL: Afectación del entorno ocasionada por la realización de una obra.

LODO: Contenido de sólidos en suspensión o disolución que contiene el agua y que se remueve durante los procesos de tratamiento.

LECHOS DE SECADO: Dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de lodos para que puedan ser manejados como material sólido.

MUESTRA COMPUESTA DE AGUA: Integración de muestras puntuales tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, preparadas a partir de mezclas de volúmenes iguales o proporcionales al flujo durante el periodo de toma de muestras.

MUESTRA PUNTUAL DE AGUA: Muestra tomada en un punto o lugar en un momento determinado.



PLANTA DE POTABILIZACIÓN: Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

RESIDUO SÓLIDO O DESECHO: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas.

RESIDUO SÓLIDO APROVECHABLE: Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo.

RESIDUO SÓLIDO NO APROVECHABLE: Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.

SEDIMENTACIÓN: Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes.

TRATAMIENTO: Conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo a las normas establecidas en el Decreto 475 de 1998.

TURBIEDAD: Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión.



RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal el Diseño de la unidad de deshidratación para el Tratamiento de lodos producidos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ECAAAS E.S.P. del municipio de Saravena-Arauca, puesto que la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) no lleva a cabo este proceso, con ello dando solución al mal manejo y disposición de estos hacia las fuentes hídricas.

Con respecto al diseño de la alternativa se llevó a cabo un análisis de la unidades de la planta, posteriormente la caracterización y cuantificación de los lodos producto del lavado de la planta, sometiendo dichas muestras a análisis fisicoquímicos y microbiológicos, con la ayuda de materiales de laboratorio como: capsulas y crisoles de porcelana, vasos de precipitado, cono Imhoff, probetas, filtros, equipos, entre otros, aplicando metodologías como el Standar Methods, siembra e incubación mediante el petrifilm y test fotométrico, en este caso se enviaron dos muestras (18 de mayo y 21 de diciembre de 2017) a un laboratorio certificado por lo cual estos resultados fueron los que se tuvieron en cuenta para el diseño de la unidad. Es fundamental alcanzar la deshidratación de lodos producto de lavado de la planta, por lo que a través de la revisión de distintas alternativas se llegó a la conclusión de diseñar ciertas unidades que permitan el tratamiento de los lodos con nuevas tecnologías. Con este sistema se pretende el retiro del agua del lodo reduciendo así su contenido de humedad hasta alcanzar aproximadamente el 85% de humedad. Son comunes las técnicas de secado sobre lechos, filtración al vacío, centrifugación, filtración a presión, vibración sónica o mecánica. Tiene como objetivo el proceso de secado de lodos, reducir los costos de transporte hasta el sitio de disposición final, manejar fácilmente el lodo. Los lechos de secado se utilizan para deshidratar lodo extendiéndolo sobre una capa de arena de espesor 20 a 25 cm, dejándolo secar. Una vez perdida la humedad, se puede utilizar como material de relleno o fertilizante (depende de análisis fisicoquímicos y microbiológicos) o disposición en sitio avalado como rellenos sanitarios. Principalmente se contará con un inyector de aire en la cámara de mezcla el cual tendrá la función la de homogeneizar el lodo producto del lavado de la PTAP, asimismo habrá una bomba de succión y/o impulsión que a través de tubería transportara el lodo extraído a una cámara de filtrado y secado, donde los lodos al ya pasar por dicha unidad estarán estabilizados y podrán ser conducidos a una zona de recepción de lodos para darle su posterior manejo y/o disposición final.



Trabajo de Grado: LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
ING. AMBIENTAL - UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA – ARAUCA



El agua ya clarificada pasara a una cámara de pre tratamiento con carbón activado, seguidamente se tendrá una cámara de bombeo que permitirá a través de una bomba succionar y/o impulsar el agua pre tratada a la PTAP, esta agua filtrada y pre tratada podrá aprovecharse en la PTAP y/o ser vertida a la fuente hídrica cumpliendo con el Decreto 1541 de 1978 artículos 208 y 211 y Res 631 de 2015. Por el cual se reglamenta Decreto - Ley 2811 de 1974. por tanto con las unidades diseñadas para el tratamiento de los lodos se estará cumpliendo con el objetivo primordial del presente trabajo el cual es Diseñar una Alternativa Avanzada para el Tratamiento de lodos producidos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ECAAAS E.S.P. del municipio de Saravena-Arauca.

PALABRAS CLAVE: Agua Potable, Planta de Potabilización, Tratamiento, Lodo, Coagulación, Sedimentación, Filtración.



1. INTRODUCCIÓN

En las plantas de tratamiento existen distintos métodos para potabilizar las aguas crudas estos procesos facilitan la remoción de sólidos presentes y permiten desinfectar el agua, de manera que quede en óptimas condiciones para el consumo humano. En dichos tratamientos existe uno que es la coagulación para la cual se utiliza un producto el cual es un reactivo químico que cumple la función de desestabilizar las cargas de los coloides permitiendo que estos se unan formando partículas de mayor tamaño. Debido a lo anterior se generan una serie de lodos cuyo vertido a los cauces no es aceptable por su negativa influencia medioambiental y deben tratarse en instalaciones adecuadas.

Hasta hace muy pocos años en Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) sólo se gestionaba la producción de agua potable, no prestando mucha atención a los lodos que se producían, tanto en los sedimentadores como en el lavado de los filtros, considerando que en definitiva estos lodos estaban formados por las sustancias que ya llevaban las aguas naturales o aguas brutas, generalmente inorgánicas, como arcillas, arenas finas o limos. Pero hoy día sabemos que las aguas naturales se han ido degradando por diversas circunstancias, y a la vez hay una mayor concienciación y presión medioambiental y legislativa, que está provocando que los gestores de los abastecimientos construyan plantas de tratamiento de estos lodos con objeto de extraer la materia sólida y obtener unos efluentes sin lodos que podrán ser vertidos al cauce de fuentes. Las sustancias contaminantes que se degradan en los diferentes procesos de tratamiento generalmente se concentran en los lodos. Diferentes tecnologías existen para ellos en función de su composición y uso final una vez tratado. Por tanto en el presente proyecto se pretende Diseñar la Unidad de Deshidratación para el Tratamiento de lodos producidos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ECAAAS E.S.P. del municipio de Saravena-Arauca.



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la Unidad de Lechos de Secado para el Tratamiento de lodos producidos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ECAAAS E.S.P. del municipio de Saravena-Arauca.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las unidades de la planta de Tratamiento de la PTAP de la empresa ECAAAS E.S.P.
- Caracterizar y Cuantificar los lodos producidos en el lavado de la PTAP de la empresa ECAAAS E.S.P.
- Diseñar la unidad de Lechos de Secado para el Tratamiento de lodos producidos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ECAAAS E.S.P.
- Proponer Alternativas de disposición final de los lodos tratados.



3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de ECAAAS E.S.P. se genera una cantidad considerable de lodos, puesto que el proceso de lavado de la planta se da cada 15 días el recurso hídrico se está viendo afectado constantemente, cuyo vertido se da a través de la evacuación hacia la fuente hídrica de Satocá sin dar un previo tratamiento de acuerdo a lo expuesto por ECAAAS E.S.P., de igual forma es de suma importancia tener en cuenta que estos lodos pueden contener cantidades significativas de materia orgánica y aluminio, sedimentos formando depósitos en los tramos lentos del cauce, a la vez que aumentan la turbiedad y el color de las aguas receptoras, asimismo si se está utilizando carbón, reduciendo la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, teniendo en cuenta el artículo 80 de la Constitución política, esta disposición afecta los recursos naturales debido a su negativa influencia al medio ambiente, ya que se está contaminando la fuente hídrica, alterando sus propiedades y generando turbiedades adicionales afectando la calidad y la apariencia de ese cuerpo de agua superficial. Además no hay que olvidar que las normas medioambientales son cada vez más estrictas en cuanto a las características de estos vertidos.

3.2 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo al problema anteriormente descrito se hace necesario dar una solución viable para mitigar los vertimientos de lodos a las fuentes hídricas, ya que esto permitiría en gran medida disminuir la contaminación al ecosistema y evitar posibles afectaciones a la salud de las comunidades indígenas que se abastecen del agua del río Satocá a través del Diseño de la Unidad de Deshidratación para el Tratamiento de lodos.



4. MARCO TEÓRICO

4.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE – PTAP

Una planta o estación de tratamiento de agua potable (ETAP) es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

El tratamiento de aguas y las plantas de tratamiento de agua son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.

La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final.

Debido a que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano y animal estos se organizan con frecuencia en tratamientos de potabilización y tratamientos de depuración de aguas residuales, aunque ambos comparten muchas operaciones (AGUASISTEC S.A.C., 2017)

4.1.1 Plantas de Tratamiento Convencional (Potabilizadoras)

Es un sistema de tratamiento integrado que incluye todos los procesos para la obtención de agua potable, como los son: coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, clarificación, filtrado y desinfección.

Dependiendo de las características del agua podemos obtener un sistema de filtración simple o doble el cual es recomendable cuando el agua tiene alto color o contenidos altos de hierro y manganeso.

Cada planta se debe diseñar de acuerdo al análisis de agua y trazabilidad y se debe hacer con sistema modular que incorpore las etapas del tratamiento. Estas debe tener su tanque en acero o fibra de vidrio y contener lechos filtrantes para la grava,



arena, antracita, carbón activado y/o resinas especializadas. Si el agua tiene alto contenido de hierro se requiere un tratamiento de oxidación previo hecho mediante torres de aireación o pre-cloración (AGUASISTEC S.A.C., 2017).

4.1.1.1 Esquema de funcionamiento de una Planta de Tratamiento de Agua Potable – PTAP (AGUASISTEC S.A.C., 2017)

TOMA DEL RIO: Punto de captación de las aguas; **REJA.** Impide la penetración de elementos de gran tamaño (ramas, troncos, peces, etc.).

DESARENADOR: Sedimenta arenas que van suspendidas para evitar dañar las bombas.

BOMBEO DE BAJA (Bombas también llamadas de baja presión) : Toman el agua directamente de un río, lago o embalse, enviando el agua cruda a la cámara de mezcla.

CAMARA DE MEZCLA: Donde se agrega al agua productos químicos. Los principales son los coagulantes (sulfato de alúmina), alcalinizantes (cal).

DECANTADOR: El agua llega velozmente a una pileta muy amplia donde se reposa, permitiendo que se depositen las impurezas en el fondo. Para acelerar esta operación, se le agrega al agua coagulantes que atrapan las impurezas formando pesados coágulos. El agua sale muy clarificada y junto con la suciedad quedan gran parte de las bacterias que contenía.

FILTRO: El agua decantada llega hasta un filtro donde pasa a través de sucesivas capas de arena de distinto grosor. Sale prácticamente potable.

DESINFECCIÓN: Para asegurar aún más la potabilidad del agua, se le agrega cloro que elimina el exceso de bacterias y lo que es muy importante, su desarrollo en el recorrido hasta las viviendas.

BOMBEO DE ALTA: Toma el agua del depósito de la ciudad.

DEPÓSITO: Desde donde se distribuye a toda la ciudad.



CONTROL FINAL: Antes de llegar al consumo, el agua es severamente controlada por químicos expertos, que analizan muestras tomadas en distintos lugares del sistema.

4.1.1.2 Lodos Producidos en el Tratamiento del Agua Potable

Hasta hace muy pocos años en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAPs) solo se gestionaba la producción de agua potable, no prestando mucha atención a los lodos que se producían, tanto en los decantadores como en el lavado de los filtros, considerando que en definitiva, estos lodos estaban formados por las sustancias, que ya llevaban las aguas naturales o aguas brutas, generalmente inorgánicas, como arcillas, arenas finas o limos.

Pero hoy día sabemos que las aguas naturales se han ido degradando por diversas circunstancias y a la vez hay una mayor concienciación y presión medioambiental y legislativa, que está provocando que los gestores de los abastecimientos construyan plantas de tratamiento de estos lodos con objeto de extraer la materia sólida y obtener unos efluentes sin lodos que podrán ser vertidos al cauce o bien enviados a cabecera del tratamiento de la ETAP, junto al agua bruta.

En el tratamiento del agua destinada al consumo humano, las sustancias en suspensión y algunas otras disueltas, en esta agua, junto a los residuos de los coagulantes y otros reactivos empleados en el tratamiento, son separadas, quedando un residuo de distinta naturaleza, que en un tratamiento convencional pueden ser las siguientes:

- Residuos de la coagulación/floculación generados principalmente en los decantadores y en los filtros.
- Residuos de posibles procesos de ablandamiento.
- Residuos de la eliminación de hierro, manganeso y del empleo de permanganato potásico.
- Residuos de carbón activo (sí se emplea carbón en polvo en el proceso de potabilización).

Todos estos residuos son retenidos en los decantadores y filtros.

La variedad o diferentes características de los lodos depende esencialmente de la calidad del agua bruta y del tratamiento aplicado.



Los residuos retenidos en los decantadores, son lodos obtenidos en la coagulación, como son los óxidos hidratados de aluminio, junto con materias de naturaleza orgánica e inorgánica, arrastradas por el agua, siendo en la mayoría de los casos estables y no putrescibles y se van extrayendo periódica e intermitentemente del fondo de los decantadores.

La mayor parte de las materias arrastradas por las aguas superficiales son inorgánicas, tales como arcillas, arenas finas y limos.

En cuanto a los residuos procedentes del lavado de filtros, son similares a los antes descritos procedentes de los decantadores, con la fundamental diferencia de su más baja concentración, si bien, como los filtros pueden favorecer al desarrollo biológico, el agua de lavado puede contener mayor cantidad de materia orgánica, que la procedente de las purgas de decantadores. Es una práctica muy corriente, que el agua de lavado de filtros se recicle o recupere, enviándola a cabecera de tratamiento, o bien se evacue hacia el desagüe general, y de aquí a las corrientes naturales de aguas más cercanas, pero también se puede enviar a una planta aneja, donde se concentren los sólidos y junto con los procedentes de las purgas de decantadores, se someten a un tratamiento específico, para extracción final del residuo sólido, con un determinado grado de humedad. (Corral & Vergara, 2005)

4.1.1.3 Necesidad del tratamiento de lodos en las PTAPs

La descarga de residuos de PTAP's en las corrientes naturales de agua, llega a plantear problemas importantes, ya que, si bien estos residuos son principalmente inorgánicos, van formando depósitos o "bancos de lodos" en los tramos lentos del cauce, a la vez que aumentan la turbiedad y el color de las aguas receptoras, más aún si se está empleando carbón, disminuyendo la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, y en definitiva, se plantean problemas medioambientales que hay que considerar, y extraer por tanto los residuos sólidos antes del vertido a los cauces. Además no hay que olvidar que las normas medioambientales son cada vez más estrictas en cuanto a las características de estos vertidos (Corral y Vergara, 2005).

4.1.1.4 Características del lodo

Las características del lodo proveniente de una planta de tratamiento de agua potable dependen del origen del agua cruda y de los sistemas usados en el tratamiento del agua y del lodo. Diferentes procesos de tratamiento generan



diferentes tipos y volúmenes de lodo. En una planta en particular, las características del lodo pueden cambiar anual, estacional o diariamente.

El lodo producido durante la coagulación contiene óxidos e hidróxidos metálicos y contaminantes orgánicos e inorgánicos como: microorganismos, arcilla y arena. En condiciones típicas de tratamiento de un agua proveniente de una fuente superficial y con una dosis de sulfato de aluminio cercana a 30 mg/L, la mayoría del aluminio en el lodo puede ser esperado como hidróxido de aluminio ($Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$). Estos hidróxidos contienen grandes cantidades de agua atrapada en su molécula, lo que genera una suspensión de lodo voluminosa con una concentración de sólidos y propiedades de deshidratación bajas (Sandoval Yoval Luciano, 2017).

4.1.1.5 Procesos unitarios del tratamiento de lodos

4.1.1.5.1 Tanque de mezcla

Este tiene por objeto recibir el agua proveniente de los desagües de la planta, y almacenarla para poder extraer de allí el caudal continuo con que se va a alimentar los espesadores. Debido a que los desagües se producen por pulsos de pocos minutos, cada vez que se lava un filtro o que se abre una de las válvulas de lavado de los sedimentadores, se requiere un tanque grande para manejar dichos caudales variables y de este ser bombeado continuamente a los espesadores.

Cuando se conoce la secuencia probable de lavado de los filtros y apertura de válvulas, es fácil calcular el volumen del tanque de mezcla de acuerdo con el diagrama de masas. De lo contrario puede asumirse la hipótesis de que su capacidad debe ser, como mínimo, la suficiente para almacenar el producido de dos lavados continuos de los filtros cada uno de 15 minutos, ósea 30 minutos de lavado a la rata máxima, simultáneamente con la descarga programada de las válvulas de los sedimentadores durante esa media hora, sin rebosarse, menos el flujo continuo que trasiegan las bombas a los espesadores en ese mismo tiempo, y que es el promedio del volumen total de desagües durante un día (CACUA y SARAVIA,2008).

4.1.1.5.2 Espesamiento

Entre los procesos de tratamiento de lodos se tiene el espesamiento que consiste en una reducción del volumen de aproximadamente un 30 – 80 % antes de cualquier otro tratamiento. En plantas de tratamiento de menor tamaño, con alimentación regular de lodo, el espesamiento tiene lugar generalmente directamente en el



tanque de almacenamiento de los lodos. El lodo es comprimido en la base del tanque mediante gravedad, mientras en la parte superior se produce una capa de agua que se extrae y recircula nuevamente. En las plantas de tratamiento de mayor tamaño, existen tanques especiales de espesamiento de lodos. Estos tanques están equipados con rodillos de rotación vertical, que crea micro canales en el lodo para un mejor escurrido. La importancia de las máquinas de espesamiento tiene lugar en aquellos lodos no estabilizados, que pueden pudrirse durante el almacenamiento. Frecuentemente se utilizan dos clases de espesamiento, gravedad y por flotación.

El espesamiento por gravedad suele realizarse en decantadores estáticos circulares o rectangulares provistos de rasquetas que arrastran el fango precipitado hacia las arquetas de recogida y el agua decantada clarificada se extrae por los vertederos situados en la parte superior. A veces, los decantadores por gravedad, pueden disponer de lámelas que al aumentar la superficie de decantación permiten reducir el volumen del decantador, obteniendo los mismos o mejores resultados en el espesamiento.

El espesamiento por flotación, aprovecha la flotabilidad de las partículas (flóculos) cuando se les adhieren pequeñas burbujas de aire. Para la adherencia de estas burbujas de aire, basta con presurizar directamente la mezcla de lodos con aire, a una presión de 6 bares y descomprimir después a la entrada del flotador o también se puede presurizar directamente agua clarificada que se inyecta después en el propio fango. El fango flotado y espesado es retirado de la superficie mediante rasquetas superficiales. La concentración del fango en materia seca tras esta fase de espesamiento suele estar en el entorno del 3 - 4 % (30 – 40 gr/l) (CACUA y SARAVIA, 2008).

4.1.1.5.3 Acondicionamiento

El lodo de plantas de tratamiento de agua potable requiere de algún tipo de acondicionamiento químico para producir una efectiva separación líquido / sólido.

Los polímeros son eficientes como acondicionadores químicos y son ampliamente utilizados en la deshidratación con centrifugas. Los polímeros tienen dos funciones en el acondicionamiento del lodo para deshidratación. La primera es desestabilizar las cargas de las partículas sólidas, para favorecer la aglomeración. La segunda función es aglomerar esas partículas en flocs, por medio de mecanismos de adsorción y formación de puentes entre las partículas y el polímero.



Un exceso de polímero puede causar reestabilización de las partículas y bajas concentraciones serán insuficientes para el fortalecimiento de los puntos de cohesión de los flocs, tornándolos incapaces de resistir las altas fuerzas cortantes existentes dentro de la centrífuga (Hagstrom, 1996). Sin embargo, procedimientos para la optimización de la dosis de polímero, en aplicaciones de deshidratación mediante el uso de centrifugas no son ampliamente conocidos. En otras aplicaciones de deshidratación como la filtración al vacío, procedimientos como el ensayo del embudo de Buchner es usado para determinar la dosis óptima de polímero (Hagstrom, 1996). Estudios a escala de laboratorio permiten determinar qué tan eficiente es un polímero como acondicionador y determinar la dosis aproximada necesaria para deshidratar un lodo en particular.

Generalmente la dosis de polímero se encuentra entre 0.5 y 1 kg de polímero por tonelada de sólidos suspendidos totales (RAS – 2000) (CACUA y SARAVIA, 2008).

4.1.1.5.4 Deshidratación

El proceso de los lodos en la deshidratación puede producirse de manera natural (mediante camas secas, secado solar), durante un largo periodo de tiempo pero presenta inconvenientes, tanto en espacio como medioambientales. Los sistemas de secado natural tienen como principal ventaja el costo de su implementación, siempre que se disponga del área suficiente a bajo precio. Tienen un bajo consumo de energía y de productos químicos, una baja sensibilidad a las variaciones cuantitativas y cualitativas del lodo y simplicidad de operación. Son apropiados para plantas pequeñas o aisladas dadas sus altas exigencias de superficie. Otras desventajas son una alta dependencia de las condiciones climáticas y un alto requerimiento de mano de obra para la remoción del lodo.

En las lagunas, el secado de los lodos se realiza por la separación del sobrenadante y aguas lluvias y, principalmente, por la evaporación. La carga óptima de aplicación de sólidos (kg/m^2) en función de la concentración de sólidos y profundidad óptima de aplicación del lodo en el lecho, depende de la resistencia específica a la filtración del lodo a una presión diferencial de 0.5 bar ($r_{0.5}$), es decir, para los lodos difíciles de deshidratar, $r_{0.5}$ mayor a 50 Tm/kg , se recomienda menos de 0.46 m. y para lodos fáciles de deshidratar, acondicionados químicamente, $r_{0.5}$ menor a 0.1 Tm/kg , hasta 0.61 m. La carga de aplicación típica es de 40 kg/m^2 , para zonas lluviosas y 80 kg/m^2 en regiones secas.



En los lechos de secado, la remoción de agua se realiza por los mismos mecanismos que en las lagunas, agregándose el drenaje gravitacional a través de arena, grava y tubería de recolección. Para lodos sin acondicionar, se han aplicado cargas, en Europa Mediterránea, de 15 a 20 litros de lodo/m²/día, con un ciclo de secado de 3 a 4 días.

Más rápidamente, aunque en más pequeñas cantidades (y también más costoso) son las máquinas de proceso como las prensas (filtros de prensa), filtración al vacío y centrifugación. En esencia el filtro prensa consta de una serie de placas de fundición o de algún material moldeado, con caras acanaladas sobre las que se intercalan unas telas filtrantes, el fango previamente acondicionado generalmente con cal, se introduce en las cámaras que forman cada dos placas contiguas y se somete el conjunto a una elevada presión, del orden de 300 Kg/cm², por medio de un dispositivo hidráulico. El funcionamiento es discontinuo, y muy laborioso, obteniéndose un fango bastante seco, próximo al 30% en materia seca.

La centrifugación, en definitiva es una decantación que tiene lugar en un decantador cilíndrico que gira a gran velocidad, esta rotación origina un campo centrífugo equivalente a varios miles de veces la fuerza de la gravedad precipitándose por tanto el lodo deshidratado en las paredes interiores del cilindro giratorio.

Las centrifugas industriales convencionales están formadas por un cuerpo cilíndrico rotatorio o rotor en cuyo interior gira en el mismo sentido y también a gran velocidad, aunque algo menor que el rotor, un tornillo helicoidal que va arrastrando hacia el exterior los sólidos que se han ido acumulando en las paredes interiores del rotor. La entrada del fango al rotor de la centrifuga tiene lugar por un tubo central. El tornillo helicoidal arrastra el fango retirado de las paredes internas del rotor hacia el exterior por un extremo, mientras que el agua clarificada sale por el extremo opuesto.

La regulación de la velocidad diferencial entre el rotor y el tornillo helicoidal proporciona un medio de regulación de la centrifuga para extraer un residuo sólido más uniforme y seco. La centrifuga puede trabajar en continuo, siendo igualmente muy importante el empleo de un agente floculante o polielectrolito adecuado, a la entrada del rotor, para una mejor separación. En la deshidratación de estos lodos en las centrifugas, se puede obtener unos lodos con una concentración en materia seca próxima al 20%.

Para una buena deshidratación, el tamaño y firmeza de los aglomerados del lodo son un factor importante, de manera que el lodo permanezca poroso durante la



compresión. En la opción del proceso más apropiado de deshidratación es importante la consideración de las condiciones limitantes como: cantidad, estructura del lodo, disposición, regulaciones, disponibilidad, personal, etc.

El destino final de este tipo de lodos por ahora suele ser a vertedero controlado, como relleno de terrenos y canteras ya explotadas en determinadas zonas, o incluso compostaje junto con el fango de depuración de agua residual. Algunos lodos dado su elevado contenido en arcilla podrían emplearse en la fabricación de determinados productos cerámicos, tales como ladrillos, bases para baldosas y azulejos, etc., siempre que el contenido en materia orgánica sea bajo.

Generalmente estos lodos no están caracterizados como residuo tóxico o peligroso, por lo que generalmente pueden considerarse como vertido inerte de cara a su destino final en los vertederos controlados o para el relleno de terrenos, aunque periódicamente debe hacerse una prueba de peligrosidad y toxicidad.

El mayor coste en la gestión de estos lodos, es su retirada y vertido. El agua clarificada de todo el proceso de tratamiento de lodos puede ser recirculada al proceso de tratamiento de agua potable (CACUA y SARAVERA, 2008).

4.1.1.6 Sistema de evacuación de lodos

El tratamiento de los lodos puede realizarse por medio de dos métodos de descarga intermitente:

- El mecánico por medio de válvulas automáticas, que deben ser accionadas por aire comprimido o por agua mediante un programador electrónico o electroválvula que abre o cierra los circuitos para comandar las aperturas según sea la periodicidad que se requiera.
- El hidráulico por medio de sifones de flujo intermitente, en los cuales se hace uso de las características del sifón hidráulico para cebarlo y pararlo sin necesidad de recurrir a ningún elemento mecánico.

4.1.1.7 Tipo de evacuación de lodos

- Evacuación periódica: Deben dejarse trabajar los sedimentadores durante un período de tiempo que puede variar entre 15 días o uno o varios meses, según sea



la turbiedad del agua cruda durante ese período, la dosis y tipo de coagulantes y el volumen muerto dejado en el tanque para almacenamiento de lodos.

- Evacuación continua: La evacuación continua puede hacerse en dos formas distintas, por métodos mecánicos o sifones de flujo intermitente y por métodos hidráulicos.

4.1.1.8 Manejo y transporte de lodos

Los lodos líquidos pueden ser bombeados a través de tubería o transportados en camión.

- Los lodos en forma de torta pueden ser transportados en camión o barco.
- Los lodos de concentración diluidas de coagulantes pueden ser transportados por gravedad o por bombeo empleando bombas centrífugas.
- Los lodos de cal o lodos espesos de aluminio (8 a 15%) pueden ser transportados por bombas de desplazamiento positivo.
- Los lodos de cal espesos con porcentajes iguales o mayores a 30% o lodos de coagulación mayores al 15% pueden ser transportados por bandas o tornillos transportadores.

4.1.1.9 Disposición final de los lodos

Dentro de las plantas de potabilización de agua se dan los siguientes métodos de disposición de lodos:

4.1.1.9.1 Descarga Directa A Cuerpos Receptores

Esta es la forma de disposición más usada. La descarga incluye tanto las purgas de los clarificadores, como la corriente de agua de lavado de filtros. En las plantas construidas recientemente esta descarga ha disminuido significativamente en volumen y no tanto en masa, al recircularse el agua de lavado de filtros al influente de la planta. La razón de esta recirculación ha sido la recuperación del agua, no el control de la contaminación del cuerpo receptor.

4.1.1.9.2 Descarga Al Sistema De Alcantarillado

Este método de disposición se utiliza cuando la planta potabilizadora se encuentra dentro del área urbana, ya que es la solución más sencilla. Sin embargo el gasto de los lodos debe igualarse para no sobrecargar las atarjeas del alcantarillado, además

de que las purgas de los clarificadores pueden ser muy espesas. Si se instala un tanque de balance la descarga se puede hacer de manera de no sobrecargar el sistema de alcantarillado.

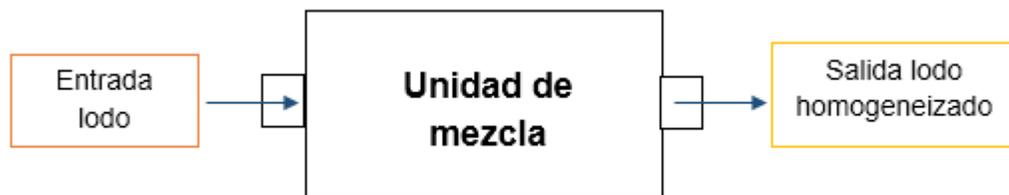
4.1.1.9.3 Disposición En Un Relleno Sanitario

El primer aspecto a considerar para este método de disposición, es el traslado de los lodos de la planta a las instalaciones del relleno sanitario. Para poder transportarse en camiones el lodo de sulfato de aluminio debe tener una consistencia semisólida, la cual se alcanza con un contenido de sólidos mayor al 20%. Para la aceptación de los lodos de la potabilizadora en un relleno sanitario municipal de residuos sólidos, deberá demostrarse que los dichos lodos no son peligrosos. Esta regulación está ligada con la producción de lixiviados.

4.2 MÉTODOS DE TRATAMIENTO AVANZADOS

-Mezcla

Puesto que los lodos evacuados a la hora de un lavado o purga no son constantes en su concentración (% de materia seca), se ve la necesidad de que se disponga de una unidad de mezcla la cual permita que el lodo sea constante y se encuentre homogeneizado, para su posterior tratamiento.



Fuente: (Autor, 2017)

Figura 1. Unidad de mezcla

-Espesamiento

Los lodos procedentes del lavado de una planta tienden a ser poco concentrados, esto depende de diferentes factores, uno de ellos es el coagulante usado para desestabilizar las cargas de los coloides y lograr la sedimentación, otros factores va

directamente relacionados a las características del agua captada ya que varían (el color, turbiedad, materia orgánica, metales, entre otros).

El espesamiento de lodos, generalmente es dado en decantadores que realizan el proceso por gravedad o flotación.

Espesamiento por gravedad: Consiste en decantadores circulares, los lodos son interceptados en el centro de la unidad y estos terminan decantando en el fondo.



Fuente: (DirectIndustry, 2017)

Figura 2. Espesador de gravedad

Espesamiento por flotación: En la parte superior se da una separación de las partículas sólidas durante la fase acuosa. Estas se adhieren a burbujas de aire causando la flotación de las partículas y generándose el arrastre de las mismas a la superficie.



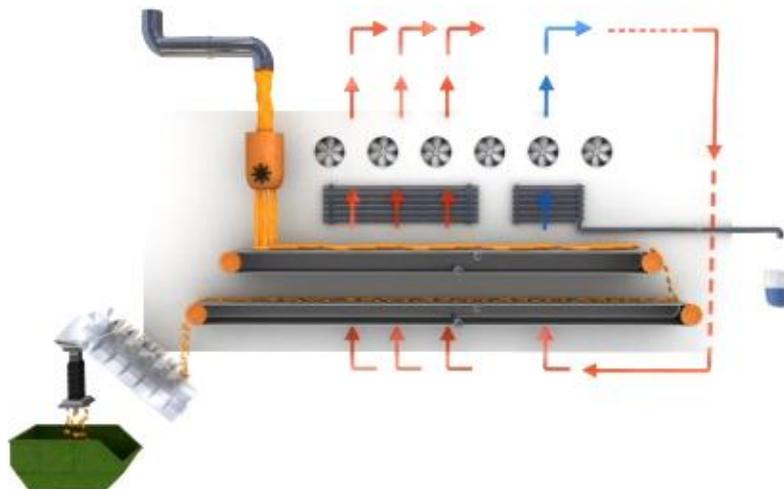
Fuente: (DirectIndustry, 2017)

Figura 3. Espesador por flotación de aire disuelto

-Deshidratación

Con este proceso se busca reducir el volumen y cantidad de agua del lodo a la menor cantidad posible a través del secado.

Existe un método de deshidratación muy completo que llega a reducir el lodo de una manera eficiente, a través del secado térmico, este procedimiento es costoso a causa del gran consumo de energía.



Fuente: (STC, 2017)

Figura 4. El proceso STC de secado térmico a baja temperatura

Por otra parte, se encuentran los sistemas de filtración, donde los más comunes son los filtros de prensa o de banda.

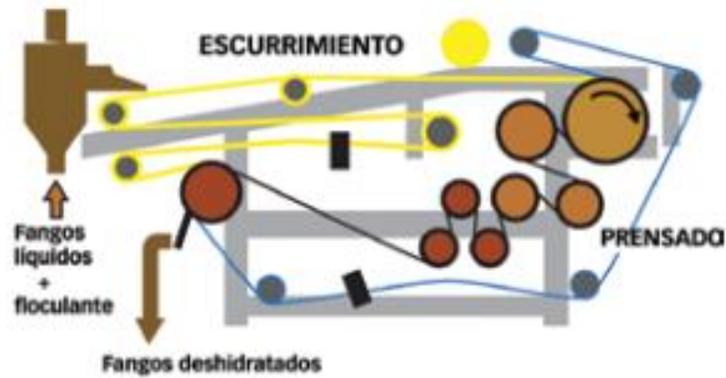
El filtro de prensa es un equipo de alta compactación, el cual separa los líquidos de sólidos a partir de filtración por presión.



Fuente: (Siwa Technology, 2017)

Figura 5. Filtro de prensa

El filtro de banda consiste en una banda continua que gira a través de rodillos móviles, la banda es de tipo filtrante, en ella se esparce el lodo y al ser compactado libera el líquido, quedando una torta de lodo la cual se retira por una plata rascadora.

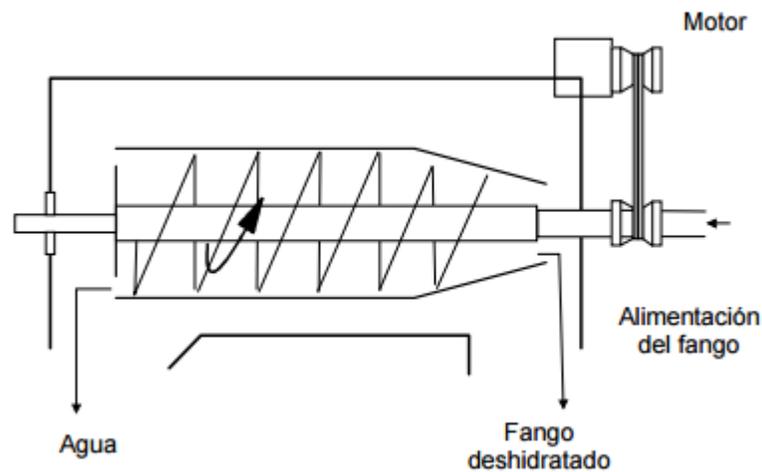


Fuente: (Degrémont S.A.S, 2012)

Figura 6. Filtro de banda

-Centrifugación

Consiste en una decantación dentro de un espacio cilíndrico, girando a una velocidad considerable, dicha rotación genera un campo llamado centrífugo, el cual es equivalente a varios miles de veces la fuerza de la gravedad precipitándose, consiguiendo mediante este proceso la deshidratación del lodo, quedando este en las paredes del cilindro giratorio.



Fuente: (J. Suárez, A. Jácome, 2007)

Figura 7. Centrifuga

4.3 ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS

En la siguiente **tabla 10** se presentará las diferentes técnicas para tratamiento de lodos con nuevas tecnologías, las características y análisis de las diferentes alternativas. Teniendo en cuenta el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), 2000.

Tabla 10. Comparación de alternativas para tratamiento de lodos

TRATAMIENTO	CARACTERÍSTICAS	ANÁLISIS
FILTROS PRENSA	Estos dispositivos tienen como función principal separar los sólidos del agua residual a partir de filtración a alta presión mediante un medio filtrante de malla micro-porosa.	<p>Ventajas: las altas concentraciones de sólidos, el nivel de recuperación de partículas, y la capacidad de tratar sólidos difíciles de deshidratar.</p> <p>Desventajas: los altos costos de inversión y mantención de los equipos.</p>
FILTROS DE BANDA	Está compuesto básicamente de una etapa de acondicionamiento químico, una etapa de drenaje por gravedad y una etapa de deshidratación por compresión.	<p>Ventajas: bajos requerimientos de energía y su capacidad de producir concentraciones de sólidos aptas para su disposición.</p> <p>Desventajas: los costos de reposición del medio filtrante, debido a su corta vida útil, además de presentar una alta sensibilidad a las cargas de aguas residuales espesadas y su acondicionamiento químico.</p>
FILTROS AL VACÍO	Corresponde a un tambor que gira alrededor de un eje horizontal de rotación, cuya superficie está cubierta de un medio filtrante fino.	<p>Ventaja: su operación continua durante el ciclo de deshidratado.</p> <p>Desventaja: los altos costos energéticos producto de la bomba de vacío.</p>

<p>CENTRIFUGACIÓN</p>	<p>Básicamente es un proceso de sedimentación que ocurre al interior de una unidad cilíndrica que gira a alta velocidad. Esta fuerza centrífuga arrastra los sólidos contra las paredes del cilindro, manteniendo la fase líquida en el centro.</p>	<p>Ventaja: su capacidad de ajuste según las características de las aguas residuales afluentes, además de la facultad de trabajar con grandes cargas, considerando las dosis adecuadas de poli electrolitos.</p> <p>Desventaja: los costos de energía y el tiempo de mantenimiento que requieren los componentes de la centrífuga.</p>
<p>RECUPERACIÓN DE COAGULANTES</p>	<p>Las aguas residuales de coagulación y lavado de filtros son generalmente mezcladas, ecualizadas y espesadas. Posteriormente estas aguas ingresan a un reactor donde se adiciona una sustancia que permite disolver el coagulante presente en los sólidos. Luego se deja reposar la mezcla por un periodo de 8 a 10 horas permitiendo la sedimentación de las partículas sólidas y la formación de una fase líquida. Generalmente este proceso de sedimentación se realiza utilizando una centrífuga.</p>	<p>Ventajas: Mayor capacidad de deshidratación y la reducción del volumen de residuos sólidos constituyente de estas aguas. Ahorro en la adquisición de insumos químicos por parte de la planta.</p> <p>Desventaja: Consiste en la concentración de impurezas en torno al coagulante, de tal forma que se puede causar un deterioro de la calidad del agua producida. Las posibles impurezas que pueden ser reconvertidas a su estado soluble en la etapa de reducción del pH son el hierro, manganeso, cromo, materiales orgánicos e impurezas contenidas en el ácido sulfúrico.</p>



LECHOS DE SECADO	Son usados para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacúa a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos.	Ventajas: Bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final. Desventajas: Para ciudades con poblaciones superiores a los 20.000 habitantes se deben considerar otras alternativas. Es viable para climas cálidos y requiere de un techo o lamina con el fin de que la precipitación no altere los lechos ni el proceso de deshidratación.
-------------------------	--	---

Fuente: (Autor, 2017)

4.4 ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN DE LODOS ESTABILIZADOS

Tabla 16. Alternativas de disposición de lodos estabilizados.

Alternativas de disposición	Características	Observaciones
Compostaje	Es un sistema de degradación de la materia orgánica presente, por medio de bacterias aerobias. Es necesario mantener controlada la temperatura y la humedad para asegurar la existencia de las bacterias durante todo el proceso. Cuando se compostan lodos, se cuenta con una deficiencia en algunos nutrientes como es el caso del carbono, por lo tanto se requiere de otros materiales que le aporten estos nutrientes y además den estructura (soporte) a las pilas de tratamiento de manera tal que se facilite la circulación del aire desde afuera hacia dentro de la pila y se mejoren las condiciones para la vida bacteriana.	Los lodos tienen características físicas poco adecuadas para el compostaje como lo son exceso de agua y de nitrógeno. Por lo tanto se deben adecuar antes del proceso. Para esto se deben deshidratar, esta condición estaría resuelta con los lechos de secado de las plantas
Relleno Sanitario – Monorellenos	Se dispone el lodo seco como material de cobertura en rellenos sanitarios como también se destinan lotes no urbanizables como sitio de disposición final para estos lodos combinándolos con Cal para ayudar a mitigar el olor y la atracción de vectores y roedores.	En estos monorellenos el material se dispone de la misma forma que los residuos sólidos en un relleno, es decir se disponen en celdas y se agrega un material de cobertura.
Acondicionador de suelo	El lodo gracias a la materia orgánica presente puede ser utilizado como recuperador de suelos degradados por	Es aconsejable aplicarlo seguido a un proceso previo de estabilización como lo es el compostaje o si



	<p>actividades industriales, tal es el caso de canteras o zonas de minería. Aplicar un lodo con un contenido elevado de Materia Orgánica, poco estable, producirá un crecimiento rápido de los vegetales, pero no dejara un efecto duradero sobre las características del suelo y, podría generar excesos de nitrógeno y fósforo. Contenidos elevados de nitrógeno amoniacal o fácilmente degradable favorecerá pedidas por amoniaco, malos olores y desequilibrio en la nutrición de las plantas.</p>	<p>es necesario en cantidades que se puedan manejar mezclándolo con otros materiales como tierra, cenizas o cal de tal manera que no atraiga vectores y roedores y genere malos olores.</p>
<p>Productos Comerciales</p>	<p>La utilización de sólidos para la confección de productos comerciales se ha desarrollado principalmente en el área de la construcción. Los sólidos constituyen un buen complemento la elaboración de materiales de construcción tales como ladrillos y morteros, constituidos parcial o totalmente por residuos con propiedades mecánicas similares, o en muchos casos superiores, a las de productos comerciales.</p>	<p>Los sólidos de las aguas residuales de coagulación con aluminio sirven de materia prima en la confección de ladrillos.</p> <p>La incorporación de sólidos como aditivo en la elaboración de morteros, mejora los tiempos de secado, pero disminuye un poco la resistencia mecánica.</p>
<p>Aplicación En Tierra</p>	<p>El uso de sólidos en la agricultura o tierras forestales (AWWA, 2002), a pesar del bajo contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo), pueden constituir una alternativa factible para ciertas aplicaciones, como la mitigación de la sodicidad de suelos agrícolas y como base de</p>	<p>Los sólidos de aguas residuales de ablandamiento permiten la regulación del pH de terrenos agrícolas. Estos sólidos tienen un alto contenido de CaCO₃ y proporcionan el mismo o mejor valor</p>



	<p>suelo para zonas de cultivo. La aplicación de sólidos como base de crecimiento de la hierba de césped constituye un excelente medio de desarrollo debido a capacidad de retención del agua. Las características de la hierba de césped se ajustan a este tipo de sólidos, ya que durante su crecimiento requieren altos niveles de humedad y una baja demanda de nutrientes.</p>	<p>neutralizante que la caliza disponible comercialmente.</p>
<p>Incineración</p>	<p>Es uno de los procesos térmicos de trato de desechos. Es considerada como una forma de disposición debido a que reduce el residuo a cerca del 10% de su masa inicial. Consiste en utilizar los gases calientes de combustión de los desechos como fuente calorífica para una turbina a vapor, con los que se genera energía eléctrica (Muñoz y Martínez, 2001). Para la incineración de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales se suelen utilizar hornos que permiten lograr una mezcla intensiva del material evitando la formación de trozos que se carbonizan exteriormente, reteniendo agua en su interior.</p>	<p>La incineración permite una cierta recuperación de energía (alrededor de 1/3 en el proceso, y el resto puede ser ofertado de la red eléctrica), pero presenta la desventaja de no ser adecuado para cierto tipo de desechos, genera gases tóxicos y partículas no incineradas (gases ácidos, efecto invernadero, compuestos orgánicos volátiles, etc.), además del uso de posibles materiales reciclables en la combustión y los costos son altos.</p>

Fuente: (Autor, 2017)



5. MARCO REFERENCIAL

5.1 ESTADO DE ARTE

En cuanto a nivel regional, no se encuentra información vigente de estudios y/o procesos realizados a nivel de Tratamientos de Lodos producto de PTAP, ni avanzados del mismo.

Ya a nivel nacional, se investigaron los lodos aluminosos del proceso de sedimentación de una planta convencional de potabilización de agua de la ciudad de Pereira, sometidos a ensayos de recuperación de aluminio, adicionando H_2SO_4 , sedimentabilidad y espesamiento. Utilizando H_2SO_4 , se recuperó el 60-70 % de la concentración inicial del aluminio en el lodo, con $pH=1,5$ Und. y mezcla de 5-30 minutos. Para los ensayos de sedimentabilidad y espesamiento se utilizaron los polímeros Nalclear 8173 y Trafloc 496. Se obtuvieron remociones significativas para SST y turbiedad en la sedimentabilidad con un nivel de significancia de 0,05; no hubo diferencias significativas entre los polímeros; la dosis que presentó eficiencias de remoción significativas fue 10 mg/L. En el espesamiento, la adición de Trafloc y el factor tiempo influyeron significativamente sobre las eficiencias de remoción de DQO, DBO, SST y turbiedad; no hubo diferencias significativas entre las dosis de polímero utilizadas. La sedimentabilidad presentó mejores condiciones técnicas para el tratamiento de los lodos ensayados. (Gutiérrez, Ramírez, Rivas, Linares, & Paredes, 2014)

La Universidad del Valle en conjunto con la Universidad Tecnológica de Pereira, evaluó a nivel de laboratorio el uso de lodo aluminoso en la fabricación de ladrillos cerámicos; los resultados muestran que es viable incorporar estos lodos en reemplazo parcial de uno de los materiales constitutivos del ladrillo, en este caso la arena en un porcentaje del 10%; sin embargo, para evitar comprometer la resistencia a la compresión debe optimizarse la deshidratación previa del lodo para aumentar el potencial de aprovechamiento. El ladrillo obtenido cumple características adecuadas para uso no estructural. (Torres, Hernández, & Paredes, 2012)

En Cartago, Valle del Cauca, la Universidad Nacional de Colombia, planteó un sistema de tratamiento de lodos consistente en la evacuación de los lodos de los sedimentadores por gravedad o bombeo, el tratamiento del agua de lavado de los filtros para su recirculación y un sistema de deshidratación basado en lechos de



secado aprovechando las condiciones climáticas de la región. (Ramirez, Guillermo Andres, 2003)

En Manizales, se efectuó una caracterización de las aguas de lavado de filtros y decantadores de la planta de tratamiento de agua potable “Acueductos la Enea Ltda.”, realizándole ensayos de caudal, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales, para el Diseño de un espesador por gravedad y eras de secado, a nivel de laboratorio, a nivel piloto y a escala real, se demostró que la reducción de volumen en las aguas de lavado de los filtros y decantadores es posible, adicionalmente la reducción en el pago por tasa retributiva, pues el porcentaje de remoción de los sólidos suspendidos totales es representativa. (Holguín, 2003)

La Universidad de Cartagena, realizo a nivel de laboratorio el estudio para la recuperación de sulfato de aluminio a partir de lodos generados en la planta de potabilización de la Empresa Aguas de Cartagena S.A E.S.P y estudio de la viabilidad económica de su reutilización como coagulante. Durante este proceso alcanzaron porcentajes de recuperación de aluminio de 60.5% en época de sequía y 71.5% en época de lluvia, a una condiciones especifica de pH y tiempo de mezcla. La factibilidad económica de la reutilización de la solución de coagulante recuperado en el proceso de potabilización, teniendo en cuenta: costo de equipos usados en el proceso diseñado, ahorro en materias primas debido al porcentaje de recuperación de aluminio y transporte y disposición final de lodos gracias al porcentaje de reducción de volumen de los mismos que fue de 32% en las condiciones óptimas propuestas. (NUÑEZ & PEÑA, 2011)

En el Departamento de Risaralda, evaluaron alternativas para el manejo de lodos provenientes de las plantas de potabilización de agua de once municipios mediante el análisis costo-beneficio. Se efectuó un análisis económico, en contraste con factores normativos y ambientales. Finalmente el análisis, permitió concluir que los lechos de secado son la opción más viable en comparación con otras alternativas. (Raigosa Restrepo, 2012)

El manejo adecuado de los lodos generados en los procesos de tratamiento de agua potable es reducido, así como la información publicada en torno a experiencias de reutilización y tratamiento de los lodos provenientes de PTAP es escasa. La disposición de los lodos en fuentes de agua superficial sigue resultando la alternativa más conveniente, debido a la operación de las plantas, a la escasez de terrenos cercanos, a los altos costos de construcción, mantenimiento y operación



de los sistemas de manejo de los mismos. (Gutiérrez, Ramírez, Rivas, Linares, & Paredes, 2014)

Para el caso internacional, En México, el IMTA efectuó pruebas a nivel laboratorio con los lodos generados en la planta potabilizadora de los Berros, para la evaluación de un tren de tratamiento que consiste en el espesamiento inicial de los mismos utilizando polímeros comerciales y la acidificación del lodo ya espesado para la recuperación de aluminio. Este procedimiento permite reducir hasta en un 97% el volumen del lodo y recuperaciones mayores del 90% del aluminio, el cual se utilizó nuevamente como coagulante para el de tratamiento de agua, dando resultados muy parecidos a los de un sulfato de aluminio fresco. (Sandoval Yoval, y otros)

Asimismo en Coyoacan, Mexico, se planteó como objetivo general evaluar la viabilidad técnica de emplear lodos de plantas potabilizadoras en la elaboración de productos utilizados en la industria de la construcción. Con este fin, en una primera etapa del estudio se realizó un muestreo y caracterización de los lodos producidos y almacenados en una planta potabilizadora. En una segunda etapa se realizaron pruebas de elaboración y caracterización de especímenes a base de diferentes formulaciones de mezclas binarias y ternarias compuestas por lodo y materiales cementantes (cemento, cal, yeso y mortero). Finalmente, en una tercera etapa se elaboraron, con las mejores formulaciones de especímenes, tabicones y ladrillos. A los especímenes elaborados se les determinó la resistencia a la compresión y la contracción por secado para evaluar la viabilidad para fabricar morteros de mampostería y concretos de relleno. Las mezclas binarias, compuestas por 90% lodo y 10% cemento y 90% lodo y 10% cal, presentaron valores más altos de resistencia a la compresión (153.63 Kg/cm² y 144.13 Kg/cm² respectivamente), con respecto al reportado para morteros tipo I y concretos de relleno (125 Kg/cm²). La mejor mezcla ternaria compuesta por 90% lodo, 5% yeso y 5% cemento, presentó un valor de 109.6 Kg/cm² , superior al valor recomendado en normas técnicas para un mortero tipo II (75 Kg/cm²). Los resultados obtenidos para tabicones y ladrillos fueron menos alentadores. Con base en estos resultados, se determinó que el lodo es un material que posee una aceptable viabilidad técnica para ser utilizado en este tipo de materiales. (CERÓN, MILLÁN, ESPEJEL, RODRÍGUEZ, & RAMÍREZ)

En Chile, el volumen de lodo generado en los decantadores representa de un 0.06 a un 0.25% del volumen de agua tratada por la planta. Su DBO varía entre 30 y 300 mg/l, su DQO entre 30 y 5.000 mg/l y la razón DQO/DBO es del orden de 15:1, indicando una baja proporción de materia orgánica biodegradable. La fracción de sólidos volátiles es alrededor del 30% de los sólidos totales, guardando relación con



la razón DQO/DBO. La remoción del lodo puede ser manual (intermitente) o mecanizada (continua), con accionamiento manual o automático. (Garcés Arancibia, Díaz Aguirre, & Dellepiane Navarro)

Por otro lado Chile, la aplicación de lodos sanitarios en plantaciones forestales, se encuentra regulada por el “Reglamento sobre manejo de lodos no peligrosos generados en plantas de tratamiento de aguas” donde se definen las características de las áreas de aplicación. Bajo este enfoque, en la presente memoria se diseñó y construyó un modelo para identificar las áreas potenciales de aplicación de lodos sanitarios, que se aplicó en plantaciones forestales de la VI región de Chile, obteniendo que el 8,5% (138.641 ha) de la superficie de la VI región presenta características favorables para aplicación de lodos sanitarios. En esta aplicación se consideraron las variables restrictivas de aplicación que se definieron como representativas a escala 1:250.000 (suelos de uso forestal, pendiente, textura del suelo y los suelos con ph menor a 5). (TORO CARRASCO, 2005)

5.2 MARCO CONTEXTUAL

5.2.1 SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SARAVENA

5.2.1.1 LOCALIZACION

El municipio de Saravena está localizado al noroccidente del departamento de Arauca, al margen del río Arauca, en una zona fronteriza que permite la comunicación con Venezuela.

Sus coordenadas geográficas son: Latitud norte entre 6 grados 46' y 7 grados 00' y en la Longitud este entre 71 grados 41' y 72 grados 06'. Limita al norte con la República de Venezuela, por el sur con el municipio de Fortul, por el oriente con los municipios de Arauquita y Fortul y por el occidente con el Departamento de Boyacá.

El municipio tiene una extensión de 658.7 km² equivalente al 2.79% del departamento de Arauca. Tiene una altitud entre 190 y 2.600 msnm. Se encuentra dividido en 4 comunas, conformadas por 29 barrios y 6225 predios; el sector rural dividido en 11 distritos, conformado por 74 vereda y 2500 predios. Así mismo se localizan allí el sector indígena con 6 comunas.

La planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP, se encuentra ubicada en el sur occidente del casco urbano, en la vereda Alto Satocá. La fuente de captación de agua para consumo humana es tomada de la cuenca del río Satocá, que corresponde administrativamente al municipio de Saravena, departamento de Arauca. Nace en alto del Cocuy, sobre los 1.250 msnm, considerada una de las zonas de mayor pluviosidad del piedemonte llanero y del territorio de Colombia”.

Plano general de la PTAT

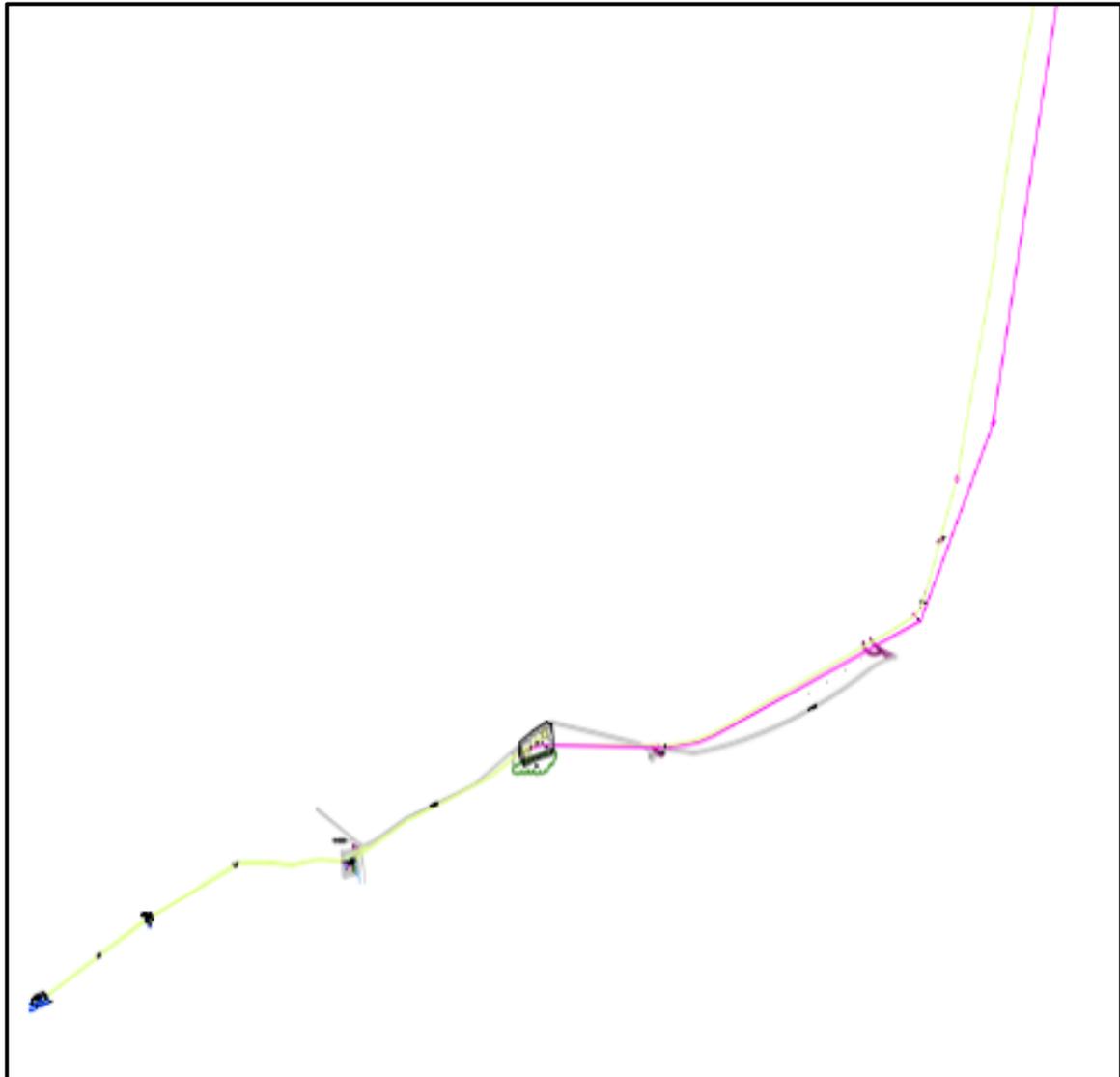


Figura 8. Plano General del Acueducto de Saravena
Fuente: (Consortio Catastro Saravena, 2017)



5.2.1.2 Caracterización físico biótica y socioeconómica

5.2.1.2.1 Recurso Agua

Por influencia de la cordillera oriental se determina la distribución de las aguas corriendo en sentido sur/noreste, hacia la cuenca del río Arauca y a su vez, a la cuenca del Orinoco. El municipio presenta alta oferta hídrica debido al régimen mono modal que le permite contar con lluvias durante la mayor parte del año. Esta distribución temporal es complementada con la distribución espacial casi total en el área de jurisdicción. Además, en la parte baja del piedemonte llanero, a poca profundidad, se puede encontrar en el suelo y subsuelo, agua de buena calidad para diversas actividades.

La captación de agua para uso del Acueducto municipal se realiza de la fuente superficial del río Satocá, que nace en el alto del Cocuy sobre los 1250 m.s.n.m. Aproximadamente el 95% del área de la cuenca se encuentra dentro de la zona de cobertura típica de selva o bosque pluvial, por lo cual se encuentra dentro del área de protección por parte de la autoridad ambiental. La fuente de agua posee una longitud aproximada de 25 Km hasta su desembocadura.

El río Satocá es una cuenca mediana, margen derecha del río Bojabá y dentro de la red de drenaje del río Arauca; siendo la subcuenca de mayor presencia en el municipio de Saravena, gracias a sus fuentes abastecedoras, cuenta con una muy buena recarga hídrica.

En el río Satocá no hay estaciones hidrológicas que permitan definir el régimen de caudales y la magnitud de los valores característicos dentro de la cuenca, pese a que es la única fuente de suministro de agua para la ciudad de Saravena.

5.2.1.2.2 Recurso Aire

La posición geográfica de Colombia en la zona ecuatorial, sitúa al municipio de Saravena, bajo la influencia de la circulación de corrientes de aire húmedo originadas en los océanos y en la región amazónica. Estas corrientes (vientos alisios) convergen en el territorio nacional (Zona de Confluencia Intertropical - ZCIT) y producen la mayor parte de la precipitación anual.

La combinación del sistema general de circulación atmosférica (vientos) con el relieve o sistema de cordilleras especialmente, determinan los factores

determinantes en las características regionales climáticas. Es así como en el piedemonte este de la cordillera oriental juegan un papel fundamental los vientos alisios del sureste (masas húmedas del Brasil), que vienen cargados de humedad y al llegar y ascender por barrera orográfica que forman la cordillera, determinan una gran zona de condensación y por tanto un aumento regional intenso de las lluvias.

Otro factor que se adiciona a la zona entre Santander – Arauca, hace referencia a la existencia de las Ondas del Este, las cuales generan un aumento zonal de la precipitación al momento de su aparición desde la región del Lago de Maracaibo – Catatumbo. Todos estos sistemas son la causa del núcleo de alta precipitación que se forma en la zona, existente en la parte alta de los ríos Bojabá, Margua – Cobugón y Arauca.

Es así como la región de la cuenca hidrográfica del río Bojabá, presenta un alto grado de humedad, que se evidencia por el desarrollo de una vegetación de selva ecuatorial, en la actualidad altamente intervenida, y períodos definidos de lluvias abundantes, lo cual genera una esorrentía de igual manera muy elevado.

5.2.1.2.3 Precipitaciones

En términos macro-climáticos, el régimen de lluvias en la zona, caracterizado por intensas precipitaciones, producto de la presencia en la región de grandes sistemas nubosos generados por la condensación del aire húmedo procedente de la Amazonía y del movimiento regular de la ZCIT.

Tabla 1. Precipitación media anual – Estación de Saravena - cód. 3504501

VALOR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
% Prec	1,59	2,78	4,27	9,47	12,62	14,72	10,91	11,58	11,40	10,45	6,69	3,52	100,00
Precip.	45,5	79,8	122,8	271,7	362,1	422,2	313,1	332,3	327,1	299,7	191,8	101,0	2.868,9

Deducido de información Tomada del Banco de Datos del Ideam

Fuente: ECAAAS E.S.P.

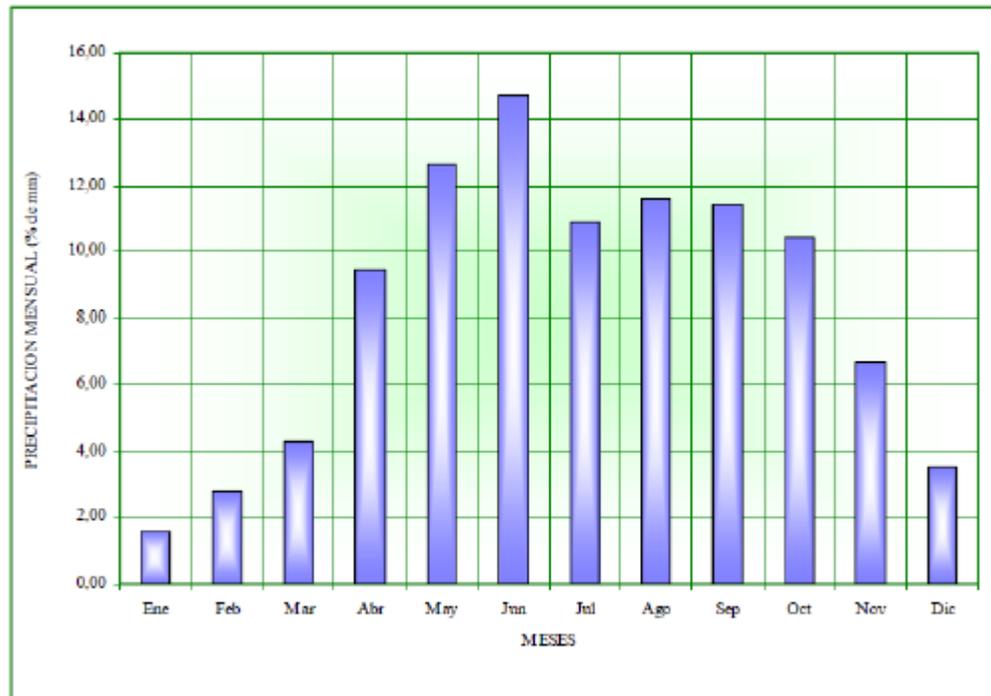


Figura 9. Histograma de distribución interanual de la lluvia en Saravena
 Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

Esta **figura 9** muestra un comportamiento de distribución interanual de tipo mono modal, de tal manera que se aprecia con claridad la temporada lluviosa y la de verano. Tomando como referencia los valores porcentuales de lluvia mensual, y partiendo del principio que los meses con valores porcentuales inferiores a 5 corresponden a un periodo de verano o temporada disminuida en precipitación, mientras que los meses con valores porcentuales superiores a 10 corresponden a una temporada lluviosa o de invierno. Los meses con valores porcentuales entre 5 a 10 se consideran de transición de un período a otro.

Así, los meses de verano son enero, febrero, marzo y diciembre, mientras que los meses lluviosos o de invierno son marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto septiembre y octubre. Los meses de abril y noviembre se consideran meses de transición del verano al invierno y de invierno a verano respectivamente. Durante los meses de verano se precipita el 12,16 % del total anual, mientras que en el invierno llueve un 71,68 % del total anual. En los dos meses de transición se precipita un 16,17 % del total anual. El mes más seco es enero con un 1,59 % de la lluvia anual, característica pluviométrica en toda la región de la Orinoquía, donde el primer mes del año es el más seco. El mes más lluvioso es junio con un 14,72 % y varía temporalmente a lo



largo y ancho de la Orinoquía, es decir, en algunas zonas como el sur de Casanare el mes más lluvioso es agosto.

En la estación de Saravena se precipita un total de 2.869 mm, característica para la zona de obras a construir en Campo Oscuro. En junio se precipitan 422,2 mm, es decir un promedio de 14 mm diarios. En enero se precipitan solamente 45,5 mm y corresponde a uno dos aguaceros que se registran durante este mes considerado como el más seco del año.

Para el sector donde se localiza la cuenca del río Bojabá, el punto de máxima elongación o inflexión de curva precipitación contra la altura, se presenta aproximadamente entre los 450 m.s.n.m. y los 3.100 m.s.n.m. En el sector medio de la cuenca del río Bojabá, las precipitaciones son del orden de 5.000 mm/año. Precipitación multianual que va disminuyendo hacia la parte alta de la vertiente y hacia la parte de baja de la cuenca o llanura. En el río Satocá, se presentan 4.000 mm en el nacimiento y 3.750 mm en el sector donde se ubica la bocatoma que surte de agua al municipio de Saravena.

5.2.1.2.4 Recurso suelo

Los suelos del municipio de Saravena se encuentran dentro de los órdenes Entisoles (suelos jóvenes) e Inceptisoles. En el Municipio de Saravena se pueden distinguir diferentes tipos de suelos:

Suelos de valles aluviales: se localizan a lo largo del río Arauca con altitudes que varían entre los 150 y los 250 m.s.n.m, cuenta con texturas medias a gruesas, de reacción química que va de ácida a muy ácida (pH: 4,5 – 5,0) resultando los suelos más fértiles del Municipio.

Suelo de piedemonte: posee un relieve inclinado con pendientes que superan el 12% y alturas que oscilan entre los 500 y 1.000 m.s.n.m, se encuentran cantos redondeados en abundancia (arriba del 50%), tanto en superficie como en profundidad envueltos en una matriz arenosa gravillosa. Son suelos superficiales, con drenaje que varía de bueno a excesivo, textura gruesa, fertilidad baja a muy baja, pH entre 4 y 5 y alta saturación de aluminio.

Suelos de Colina: se localizan al occidente del territorio hacia las estribaciones de la cordillera, su relieve es fuertemente ondulado a quebrado con pendientes que varían entre 25 y 75%. Son suelos demasiado superficiales con alta pedregosidad,



drenaje natural excesivo, fertilidad baja a muy baja, pH por debajo de 4,5 y alta saturación de aluminio.

Suelos de montaña: presentan pendientes fuertes por encima del 75%, son suelos muy superficiales (menos de 25 cm de profundidad efectiva), drenaje excesivo y fertilidad de baja a muy baja.

Cobertura y el uso del suelo

El suelo en el municipio de Saravena presenta una cobertura fundamentalmente intervenida, derivada de la acción antrópica, así mismo cuenta con formaciones de vida correspondientes al bosque muy húmedo tropical, bosque pluvial de premontano y bosque de montano.

5.2.1.2.5 Flora y fauna

Hace parte de la región natural de la Orinoquia Colombiana, con una matriz original boscosa de selva húmeda tropical (BHT) en el cual encontramos una gran riqueza de flora y fauna. En la parte de la flora se encontraron plantas como las Leguminosas, Anonáceas y Rubiáceas; en cuanto al sotobosque encontramos Platanillos, Bihaos, cañagrias, afines y epifitas; en fauna logramos visualizar insectos como: mariposas, escarabajos e invertebrados como el cien pies y hormigas arrieras; se podían observar peces characiformes (peces con escamas); anfibios como el sapo y reptiles como lagartos, iguanas y serpientes como la mapaná. En esta zona también se encuentran roedores como las ratas y se logró escuchar aves tales como los loros y visualizar un icterus (turpiales).

Cuenta con una cobertura en cultivos (cacao, plátano, yuca y maíz), potreros (pastos Brachiaria y estrella), áreas intervenidas no cultivadas (rastros), bosques nativos y corredores (hídricos, boscosos).

5.2.1.2.6 Aspectos sociales, culturales y económicos

El municipio de Saravena, tiene una población promedio de 56.000 habitantes conformado en 14.000 usuarios y cuatro personas promedio por familia, en su gran mayoría por colonos procedentes de Cundinamarca, Boyacá, Llanos Orientales, Los Santanderes y por algunos grupos aborígenes, especialmente Tunebos.

En nuestro municipio existen una amplia gama de organizaciones comunitarias entre las que se destacan: ASOJUNTAS, AMUC, CUT (con aproximadamente 12 sindicatos), FOMUAGRO, C.M.D.R., Cámara de Comercio, ASOPLASA, Comité de



Ganaderos, veedores Comunitarios, Coagrosarare Ltda, Cootransarare Ltda, CRIA, ADUC.

En lo que respecta a la educación se puede afirmar que aunque se cuenta con una aceptable infraestructura para la prestación de este servicio, las pocas posibilidades de capacitación pedagógica a los docentes y los escasos recursos financieros están desmeritando la calidad de la misma. En general se tiene un índice de un (1) maestro por cada 20 alumnos, lo cual estadísticamente es aceptable. En términos generales se puede afirmar que los PEI (Proyectos Educativos Institucionales), responden a las necesidades y situaciones particulares de cada lugar. Por otra parte, el municipio se ha constituido en una ciudad de alta oferta educativa para la formación técnica, profesional y para el desarrollo de programas de postgrado, en virtud de las diferentes carreras que se ofrecen.

En el municipio funciona el Hospital regional del Sarare San Ricardo Pampuri ESE, el cual cuenta con una adecuada infraestructura para prestar servicios de primer y segundo nivel, en cuanto a servicio hospitalario se refiere.

Otras instituciones que prestan servicios en el municipio son: Las ARS: COMFIAR, COMCAJA, Las EPS: CAFÉ SALUD, SALUD VIDA, COMPARTA, NUEVA EPS.

- Servicios Públicos:

Acueducto

El municipio de Saravena desde 1998, cuenta con un excelente servicio de acueducto, gracias al buen funcionamiento de la planta de tratamiento, para el sector urbano.

El sistema de acueducto tiene una cobertura 100%. Para el abastecimiento se toma el agua del río Satocá a través de una bocatoma que está construida con una capacidad de diseño de 250 litros por segundo. Pero está autorizado por la autoridad Ambiental Corporinoquia captar una caudal de 130 l/s, según Permiso Concesión de Aguas Superficiales Resolución N° 700.41.11.126 del 27 (Expediente N° 97-0356) de diciembre del 2011. La bocatoma está protegida por un muro de contención de 30 metros de longitud y 3.5 metros de altura y ubicada a 11.5 km del casco urbano a la vereda Alto Satocá. El agua captada se conduce a un tanque desarenador para liberarla de partículas gruesas, de allí se transporta a la planta de tratamiento y luego es almacenada en un tanque con capacidad de 2.200 metros cúbicos. El servicio es prestado de manera continua y la administración está a cargo de la ECAAAS.



Telefonía

El servicio de telefonía es prestado por TELECOM, CLARO, MOVISTAR, TIGO y AVANTEL. La cobertura en el casco urbano es del 95%. Se presta el servicio de llamadas locales, nacionales e internacionales e Internet.

Energía

La calidad del servicio de electrificación en el municipio es buena, el cual se obtiene por líneas físicas que interconectan a Bucaramanga con Caño Limón, lo que genera una amplia red de distribución con cobertura del 98.5%

Vías y Transporte

El municipio cuenta con vías de acceso a todos los barrios; las vías principales y centrales se encuentran pavimentadas.

Para transporte aéreo de carga y pasajeros, cuenta con un aeropuerto autorizado por la aeronáutica civil presentando sus servicios las empresas Satena, Taxa y RVE.



6. MARCO LEGAL

- Ley 2811 de 1974 , Artículo 18°. - Derogado por el art. 118, Ley 99 de 1993. "La utilización directa o indirecta de la atmósfera, de los ríos, arroyos, lagos, y aguas subterráneas, y de la tierra y el suelo, para introducir o arrojar desechos o desperdicios agrícolas, minero o industriales, aguas negras o servidas de cualquier origen, humos, vapores, y sustancias nocivas que sean resultado de actividades lucrativas, podrá sujetarse al pago de tasas retributivas del servicio de eliminación o control de las consecuencias de las actividades nocivas consecuencias de las actividades nocivas expresadas.
- Decreto Nacional 2858 de 1981, Artículo 2°. - La preservación y manejo de las aguas son de utilidad pública e interés social, el tenor de lo dispuesto por el artículo 1 del Decreto-Ley 2811 de 1974: En el manejo y uso del recurso de agua, tanto la administración como los usuarios, sean éstos de agua o privadas, cumplirán los principios generales y las reglas establecidas por el Código Nacional de recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, especialmente los consagrados en los artículos 9 y 45 a 49 del citado Código.
- Decreto Nacional 2858 de 1981, Artículo 30°. - Toda persona natural o jurídica pública o privada, requiere concesión o permiso del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, para hacer uso de las aguas públicas o sus cauces, salvo en los casos previstos en los artículos 32 y 33 de este Decreto.
- Decreto Nacional 2858 de 1981, Artículo 71°. - El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, podrá suspender temporalmente o declarar la caducidad de una concesión de aprovechamiento de aguas para uso industrial, conforme al procedimiento previsto por el artículo 250 de este Decreto, si vencido el plazo señalado no se ha construido y dispuesto en servicio el sistema de tratamiento de aguas residuales para verterlas en las condiciones y calidades exigidas en la providencia que otorga el permiso de vertimiento.
- Decreto Nacional 3930 de 2010, Artículo 62. Se prohíbe la utilización de aguas del recurso, del acueducto público o privado y las de almacenamiento de aguas lluvias, con el propósito de diluir los vertimientos, con anterioridad a la descarga al cuerpo receptor.



- Decreto Nacional 3930 de 2010, Artículo 70. Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistema de tratamiento de agua o equipos de control de contaminación ambiental, y otras tales como cenizas, cachaza y bagazo, no podrán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de alcantarillado, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos.

- Decreto Nacional 3930 de 2010, Artículo 90. En ningún caso se permitirán vertimientos de residuos líquidos que alteren las características existentes en un cuerpo de agua que lo hacen apto para todos los usos señalados en el presente Decreto.

- Decreto Nacional 3930 de 2010, Artículo 99. Los usuarios que produzcan vertimientos que contengan sustancias de interés sanitario en concentraciones superiores a las contempladas en el artículo 74 del presente Decreto, deberán registrarse ante el Ministerio de Salud o su entidad delegada y ante la EMAR, dentro de los seis (6) meses siguientes a la fecha de expedición del presente Decreto.- Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial. Reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de vertimientos puntuales. Pago de tasas retributivas por vertimientos.

- Resolución 112-3391 de 2005. Por medio de la cual se modifica la Resolución 112-2892 de 2003. "Adoptar el formato con vertimiento carga cero Empresas ISO 14001 y Progresia podrán presentar la caracterización aplicable a cargas retributivas cada 2 años".

- Acuerdo 176 de 2006. Adopta los objetivos de calidad para las fuentes receptoras de vertimientos de la jurisdicción de Cornare. Tener en cuenta estos objetivos para la definición de las metas de reducción del próximo quinquenio.

- DECRETO 2858 DE 1981, Artículo 1.- El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, INDERENA, como las Corporaciones Regionales de Desarrollo podrán otorgar permisos especiales hasta por el término de un año, para la realización de estudios de factibilidad sobre aprovechamiento de aguas con destino a la formulación de proyectos de riego a nivel de finca o grupos de fincas, cuando el costo de tales estudios y de las obras civiles correspondientes vayan a ser financiados con recursos del Banco de la República en los términos de la Resolución número 28 de 1981 expedida por la Junta Monetaria, o de las disposiciones que se expidan con igual finalidad.



- Resolución 1514 de 2012. Por la cual adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos el cual señala en el anexo 1 en su numeral 4.2.2.2 el reglamento de caracterización del cuerpo de agua receptor con base en los resultados de los monitores físico-químicos, hidrobiológicos y bacteriológicos realizados para la evaluación ambiental del vertimiento.
- Decreto 1715 de 1978. Reglamenta parcialmente el Decreto- Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto- Ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje. Que según lo establecido por el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto- Ley 2811 de 1974), la comunidad tiene derecho a disfrutar de paisajes urbanos y rurales que contribuyan a su bienestar físico y espiritual. Con el fin de garantizar este derecho es necesario establecer las regulaciones y tomar medidas para impedir la alteración o deformación de elementos constitutivos del paisaje.
- Constitución Política de Colombia de 1991. Elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. Incorpora este principio al imponer al Estado y a las personas la obligación de proteger las riquezas culturales y naturales (Art. 8), así como el deber de las personas y del ciudadano de proteger los recursos naturales y de velar por la conservación del ambiente (Art. 95).
- Resolución 1096 de 2000. Adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS en su artículo 119 especifica los requisitos mínimos para el tratamiento y manejo de los lodos producidos en los procesos de sedimentación, y filtración producto de la operación de las plantas de tratamiento, son aplicables a los cuatro niveles de complejidad del sistema.

La descarga de los lodos debe sujetarse a las siguientes especificaciones:
Para devolverlos directamente a la corriente de agua o descargarlos en alcantarillados, previo tratamiento, debe adquirirse un permiso de las autoridades competentes y deben realizarse estudios de impacto ambiental en el que se demuestre que no contravienen los artículos 72 y 73 del Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 expedido por el Ministerio de Salud – Normas sobre vertimiento a cuerpos de agua o alcantarillados públicos y el Decreto 302 de 2000 expedido por el Ministerio de Desarrollo Económico.



La descarga final del agua lixiviada, si se hace a un cuerpo de agua, debe cumplir con las normas de vertimiento que trata el artículo 72 del Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 del Ministerio de Salud.

- RAS 2000 Título C para el manejo de lodos en el apartado C 13.3 se debe tener en cuenta estudios previos, caracterización, métodos de evacuación, tratamiento y disposición final.
- Decreto 3930 del 2010, Control sobre los vertimientos que se evacuen en las aguas superficiales o subterráneas, interiores o marinas, a fin de que estas no se conviertan en focos de contaminación que pongan en riesgo los ciclos biológicos, el normal desarrollo de las especies y la capacidad oxigenante y reguladora de los cuerpos de agua.
- Decreto 1575 de 2007. Establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Confiere la responsabilidad a las direcciones departamentales, distritales y municipales de salud, para realizar visitas de inspección y certificación sanitaria, Artículo 8.
- Resolución 082 de 2009. Adopta los formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria. En el anexo técnico N° 1 se evalúa la existencia de proceso para el tratamiento de lodos generados en el proceso de potabilización.
- Decreto 2667 del 2012 reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales; a mayor carga contaminante mayor será la tasa retributiva.
- Decreto 2981 DE 2013: Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.



7. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de la Empresa Comunitaria de Acueducto, Alcantarillado y Aseo (ECAAAS E.S.P.) del municipio de Saravena-Arauca, la cual realiza un tratamiento convencional y se abastece de una fuente de agua superficial llamada Rio Satocá para el cual usan el Hidroxicloruro de Aluminio – durante el proceso de coagulación. Inicialmente se llevó a cabo un análisis de la planta de tratamiento con el propósito de conocer como es el funcionamiento de cada una de estas estructuras y las principales características de las mismas, con esta actividad se pretendió conocer la situación actual, las condiciones, la infraestructura existente y la evacuación de los lodos que se producen en esta planta. Como bien sabemos la cantidad de lodos generados debido al lavado de las estructuras como filtros y floculadores es menor a comparación de los generados en cuanto a sedimentadores, siendo estos más concentrados y quienes impactan más a la hora del vertimiento a la fuente Satocá.

Las muestras tomadas inicialmente fueron la primera el día 24 de febrero del presente año proveniente de los sedimentadores, la segunda de los grifos el día 2 de marzo del presente año los cuales evacuan los lodos de los floculadores, de igual forma es importante tener en cuenta que durante dicho lavado no es constante la concentración de lodo evacuado, ya que el tiempo de lavado de las estructuras es de (una hora y veinte minutos), razón por la cual se decidió tomar muestras compuestas es decir cada 20 minutos, obteniendo de esta manera una muestra representativa para la caracterización que corresponde al 9 de Marzo 2017 y otra el 24 de Marzo 2017 siendo estas la tercera y cuarta analizadas tomada en la cámara de mezcla, es decir estas dos últimas las más cercanas a la realidad y poco alteradas, pues dicho lavado se divide en dos etapas, la etapa inicial es el vaciado de los filtros, sedimentadores y floculadores y la siguiente es el retrolavado con agua para el caso de los filtros, los sedimentadores y floculadores son lavados a presión. La caracterización se realizó en el laboratorio de la ECAAAS E.S.P., a través de los análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Solidos Totales, Solidos Suspendidos Volátiles, Solidos Suspendidos Totales, pH, Temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Solidos Sedimentables, aplicando los procedimientos estipulados por el Standard Methods (St. Mth.). Para la confirmación de materia orgánica de coliformes totales y fecales se usó la técnica de siembra e incubación por el Standard Methods (St. Mth.) mediante Placas Petrifilm, la cual es una técnica de recuento rápido. Además los análisis de manganeso, cloruros, aluminio, hierro, sulfatos, fluoruros se llevaron a cabo mediante Kits de ensayo y método de Determinación fotométrica (Determ. Fotométrica). La tercera y cuarta



muestra fueron tomadas con intervalos de tiempo de 20 min de tal modo obteniendo una muestra compuesta para el tiempo de lavado **(Ver Anexo/ 2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P.)**. El muestreo se realizó durante los meses de febrero, marzo y el día 18 de mayo y 21 de diciembre del 2017 las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Control de Calidad (SIAMA LTDA) . **(Ver Anexo/ 7.RESULTADOS SIAMA LTDA. DE LODO DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA)**.

Para el mes de abril de 2017 se llevó a cabo una cuantificación de lodos mediante la medición volumétrica del caudal en donde se tenía en cuenta la cantidad de lodo que pasa por la tubería de evacuación durante todo el tiempo de lavado que es la unidad en donde se interceptan todos los lodos, para así tener un valor cercano a la realidad de la cantidad de lodos que son evacuados hacia la fuente receptora.

El diseño de las unidades para el tratamiento del lodo fue realizado teniendo en cuenta datos de campo y el RAS 2000 quien es la documentación técnico normativa que señala los requisitos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos operativos que se utilicen en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y sus actividades complementarias. Se expide en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 142 de 1.994, que establece el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, y busca garantizar su calidad en todos los niveles. (RAS, 2000). Principalmente se contara con un inyector de aire en la cámara de mezcla el cual tendrá la función de homogeneizar el lodo producto del lavado de la PTAP, asimismo habrá una bomba de succión y/o impulsión que a través de tubería transportara el lodo extraído a una cámara de filtrado y secado, donde los lodos al ya pasar por dicha unidad estarán estabilizados y podrán ser conducidos a una zona de recepción de lodos para darle su posterior manejo y/o disposición final. El agua ya clarificada pasara a una cámara de pre tratamiento con carbón activado, seguidamente se tendrá una cámara de bombeo que permitirá a través de una bomba succionar y/o impulsar el agua pre tratada a la PTAP, esta agua filtrada y pre tratada podrá aprovecharse en la PTAP y/o ser vertida a la fuente hídrica cumpliendo con el Decreto 1541 de 1978 artículos 208 y 211. Por el cual se reglamenta Decreto - Ley 2811 de 1974. Se decidió este tratamiento ya que los costos son relativamente bajos, las unidades son adecuadas para el clima del municipio y se adecuan a los requisitos estipulados por el RAS 2000, en segundo lugar involucra nuevas tecnologías teniendo en cuenta que permite aprovechar nuevamente el agua y disponer de manera adecuada el lodo ya estabilizado.

8. ANALISIS DE RESULTADOS

8.1 EVALUACION Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SARAVENA



El área urbana del municipio de Saravena cuenta con la empresa ECAAAS E.S.P., la cual administra los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo desde hace 20 años, según datos tomados del macromedidor instalado a la entrada de la planta de tratamiento durante el mes de noviembre de 2016 ingresaron a la planta de tratamiento un promedio de 107 litros por segundo, lo que equivale al mes 294.831 m³/mes con 14.224 suscriptores a los cuales se les facturo 197.252 m³/mes conforme con el sistema de facturación para el mismo mes, lo que indicaría según lo determinado por la fórmula de la comisión de agua potable y saneamiento básico CRA que el índice de agua no contabilizada IANC para el periodo de tiempo determinado mes de noviembre de 2016 sería del 33%, que está por encima del valor admitido por la CRA que es del 30%. El porcentaje anterior es producto de operaciones técnicas como son apertura de hidrantes, jornada de cloración en la red, reparaciones, lavado de tanque de almacenamiento, usuarios ilegales encontrados diariamente y tuberías obsoletas. El otro aspecto es producto de pérdidas comerciales ocasionadas por la presencia de barrios suburbanos, en el cual la empresa se ve en la obligación de colocar puntos de medición colectivos,



pero lamentablemente, se siguen presentando uso fraudulento del servicio de agua en estas comunidades que se cuenta con una totalidad de población promedio de 2800 predios. Teniendo en cuenta que ha sido falla de la Administración Municipal el no haber autorizado el desalojo inmediato de estas comunidades ilegales y falta de apoyo de los entes de control en esta medida.

El sistema de acueducto del área urbana toma el agua del río Satocá a través de una estructura lateral, posteriormente esta es conducida por medio de 2 tuberías de PVC de 12” en una longitud de 596 m hasta los dos trenes de desarenación que trabajan en paralelo, una vez allí el agua es direccionada por dos tuberías de 12” en PVC 1052 m hasta la planta de tratamiento, la cual posee una capacidad teórica de 250 litros por segundo, una vez allí el agua es tratada por medios físicos y químicos conduciéndose por dos tuberías en PVC de 12” 1007 m hasta el tanque (23,26 de ancho y 23,31 de largo por una profundidad de 4.8) con un almacenamiento efectivo de hasta 2433 m³, posteriormente el agua es conducida por dos tuberías una de 10” y otra de 12” 7714 metros hasta el perímetro del área urbana, una vez allí se distribuye por tubería de diferentes diámetros hasta los hogares saravenences.

A continuación, se describen los componentes del sistema existente:

8.1.1 Fuente

El sistema de acueducto cuenta con una sola fuente de abastecimiento de agua, de tipo superficial y denominada Río Satocá de cuenca mediana, localizado en la vereda Alto del Satocá vertiente oriental de la cordillera que lleva el mismo nombre, margen derecha del río Bojabá y dentro de la red de drenaje del río Arauca. La cuenca corresponde administrativamente al municipio de Saravena, departamento de Arauca. Nace en alto del Cocuy sobre los 1.250 m.s.n.m, considerada una de las zonas de mayor pluviosidad del piedemonte llanero y del territorio de Colombia. Aguas arriba de la captación, la fuente tiene uso para abastecimiento humano (existen un pequeño asentamiento de indígenas Tunebos) y para la ganadería a pequeñas escalas. La vegetación existente en la cuenca está compuesta por árboles y arbustos y predomina la actividad ganadera. La pendiente es suave.



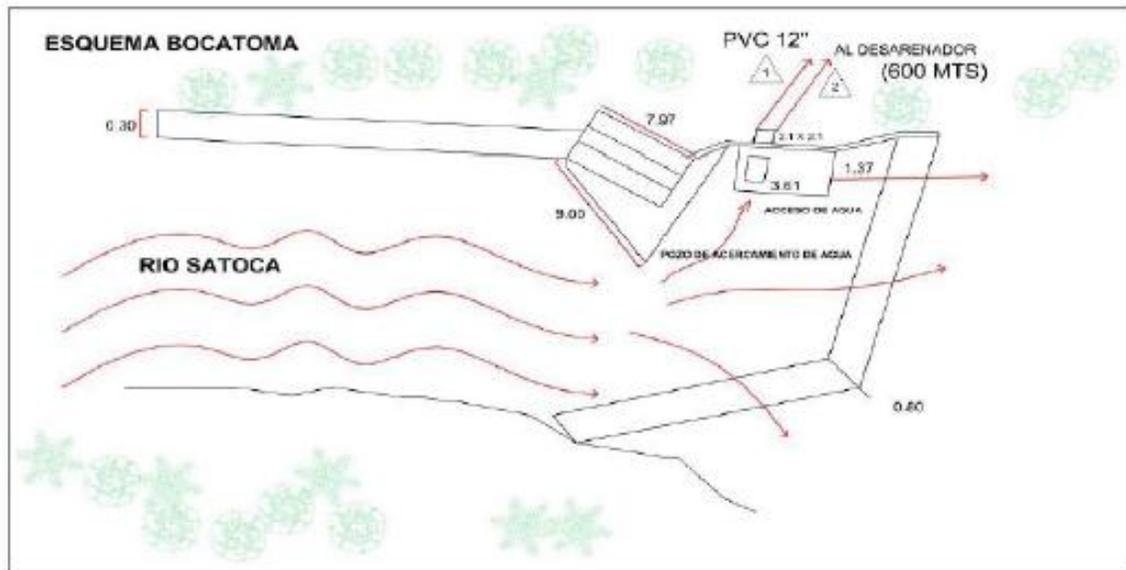
Figura 10. Panorámica área cuenca río Bojaba, aducción proyectada
Fuente: (Consortio Catastro Saravena, 2017)

8.1.2 Bocatoma

Este componente del sistema cuenta con dos estructuras bien definidas, la primera encausa el flujo del río construida en concreto ciclópeo conformado por dos secciones con diseño geométrico diferente, con un dique y un muro de contención que forman un canal que inicialmente tiene el mismo sentido de la corriente del río y luego gira 90° hacia la izquierda, formando una curva de gran radio que remata en un tanque ahogado o piscina y que sirve para conducir el agua hasta la bocatoma lateral, antes de continuar su curso aguas abajo. La primera sección del canal, paralela a la corriente del agua, forma parte del vertedero lateral de crecidas y ha sido complementado aguas arriba con hexápodos. La bocatoma lateral fue construida en el año 1995 con una protección en muro de concreto de 60 metros de largo y un promedio de 5 m de altura.

La estructura de acceso del agua en su fondo posee una tubería de limpieza de la misma, el pozo de acercamiento del agua funciona hidráulicamente bien, no retiene arenas y mantiene un nivel adecuado de suministro de agua a la caja de derivación

de la misma. La Bocatoma está compuesta por tres rejillas cada una de 0.8 m de ancho por 0.7 m de alto con 10 varillas de hierro corrugado de $\frac{1}{2}$ " con un espaciado de 0.025 m entre estas. Su capacidad, medida por el área libre efectiva de las rejillas es de 239,89 l/s⁴. La caja de derivación está construida en concreto armado, tipo semienterrada, tiene una sola sección. Está comunicada con la bocatoma lateral por medio de una abertura o vertedero rectangular, hecho en el muro de contención y entrega el caudal a las dos líneas de tuberías que sirven de aducción. El acceso se realiza a través de una tapa metálica con aro. Las medidas son 3.61 m de largo, 1.37 m de ancho y una profundidad de 2.1 m. La estructura cumple con la función para la cual ha sido diseñada y tiene una capacidad de 250 lts/seg.



Esquema 1. Bocatoma

Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

ECAAAS E.S.P., cuenta con un operador de la bocatoma que vigila las veinte cuatro (24) horas del día, los niveles de agua, estado de la fuente, estructuras, realiza actividades de mantenimiento y limpieza, restringe el ingreso de personal no autorizado y prohíbe el uso de la fuente como balneario, pesca, entre otros.

El operador de la Planta habita en el predio en donde se encuentra ubicada la bocatoma es de propiedad de ECAAAS E.S.P., cuenta con un área de 5 hectáreas, una casa en buen estado con servicio de electricidad y agua, se cuenta con radioteléfono cuya central se encuentra en las oficinas de la PTAP.



Fotografía 1 y 2. Rio Satocá
Fuente: (Autor, 2017)



Fotografía 3, 4
Fuente: (Autor, 2017)



5 y 6. Bocatoma

Fuente: (Belmer Arguello, 2018)

En cuanto al análisis físico-químico y bacteriológico realiza por medio del Laboratorio SIAMA LTD certificado por el Ministerio de la Protección Social.

Tabla 2. Características del agua rio Satocá

DESCRIPCION	UNIDADES	V/R ENCONTRADO
PH	UNT.PH	6,70
Cloruros	mg Cl/L	< 2,0
Nitratos	mg NO3-N/L	< 0,1
Nitritos	mg NO2-N/L	0,008
Amoniaco	mg /L NH4	< 0,644
Sulfatos	mg SO4/L	9,25
Cianuro Total	mg CN/L	0,043
Tensoactivos SAAM)	mg SAAML	< 0,27
Oxigeno Disuelto	mg O2/L	6,27
DBO5	mg O2/L	2,9
Grasas y aceites	mg/L	< 6,3
Cobre total	mg Cu/L	< 0,01
Plata Total	mg Ag/L	< 0,01
Cadmio Total	mg Cd/L	< 0,005
Cromo Total	mg Cr/L	< 0,05
Plomo Total	mg Pb/L	< 0,05
Zinc Total	mg Zn/L	< 0,025
Mercurio Total	mg Hg/L	< 0,0005
Bario Total	mg Ba/L	< 0,5
Arsénico Total	mg As/L	< 0,0025
Selenio Total	mg Se/L	< 0,0025
Fluoruros	mg F/L	< 0,10
Turbidez	NTU	4,13
Color real 436 nm	m-1	1,37
Color real 525 nm	m-1	0,425
Color real 620 nm	m-1	0,150
Compuestos fenólicos semivolátiles	mg/L	< 0,007
PCBs (Bifenilos Policlorados)	mg/L	< 0,0001
ANALISIS MICROBIOLOGICO		
coliformes totales	NMP/100ML	230
coliformes Fecales	NMP/100ML	<1.8

Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)



Los aspectos físicos-químicos que presenta el agua de las fuentes ameritan tan solo un tratamiento de tipo convencional.

Los resultados de las pruebas microbiológicas demuestran que hay contaminación por coliformes, aunque no en grado extremo. Esto quiere decir que el tratamiento a utilizar para el agua de consumo humano necesita por lo menos filtración y desinfección.

8.1.3 Aducción

Consiste en dos (2) tuberías paralelas de 12” de diámetro las cuales conducen el agua desde la cámara de derivación sobre la cota 316.85 m.s.n.m hasta los dos trenes de desarenación sobre la cota 312.38 m.s.n.m, la longitud estimada es de 596 m, con una pendiente de 0.75%. Con una capacidad técnica de cada tubo de 95 litros por segundo, por tanto, la aducción tendría una capacidad con sus dos tuberías existentes de 190 litros por segundo.

8.1.4 Desarenador

El sistema de acueducto cuenta con dos trenes en paralelo de desarenación cada uno con dos pozos, a este componente le llega las dos tuberías de PVC en 12” provenientes de la bocatoma, cada una suministra agua a cada tren del desarenador, esta estructura cuenta con un vertedero de excesos y lavado, los cuales conducen el agua mediante tubería de gress de 10” al río Satocà, al igual que se cuenta con un sistema de Bypass. El caudal de entrada enfrenta una pantalla deflectora antes de entrar al cuerpo del desarenador. Cuatro canaletas laterales, adosadas a los muros longitudinales recogen el agua desarenada y la entregan a un canal de salida a través de un tubo de 6”. El canal, a su vez entrega a la estructura de salida mediante unos vertederos.



Fotografía 7. Desarenador
Fuente: (Belmer Arguello, 2018)



Fotografía 8. Desarenador



Está compuesto por dos estructuras paralelas de doble compartimiento, cada una de las cuales tienen las siguientes dimensiones: largo = 9065 m.; ancho = 2.40 m. y profundidad media = 3.38 m.

El sistema se encuentra funcionando bien, aunque las válvulas de entrada, salida y lavado (12”) no tienen cajillas.

- Evaluación de la capacidad de las estructuras.

o La viscosidad cinemática para una temperatura media de 24° C es:

$$U_t = 0.0131 * [33.3 / (24 + 23.3)] = 0.009 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

o La velocidad de sedimentación (Vs) para arena fina (D=0.05mm y peso específico P=2.65) es:

$$V_{s1} = g/18 * [(p-1)/0.009] * (0.005)^2 = 0.25 \text{ cms-sec}$$



$$Vs2 = 2.9 * (24 + 23.3) / 33.3 = 0.4 \text{ cms/seg}$$

$$Vs = (Vs1 + Vs2) / 2 = 0.32 \text{ cms/seg}$$

o Tiempo de sedimentación

$$t = \text{Altura útil} / Vs$$

$$t = 300 / 0.32 = 937 \text{ seg}$$

o Periodo de retención (a)

De acuerdo con las buenas condiciones de difusión de la estructura para una remisión superior al 85% de las partículas de arena fina, se asume una relación $a/t = 2.75$ (Flinn-Weston and Bogert).

$$a = 2.75 * 937 \text{ seg} = 2577 \text{ seg}$$

o Volumen del desarenador (V)

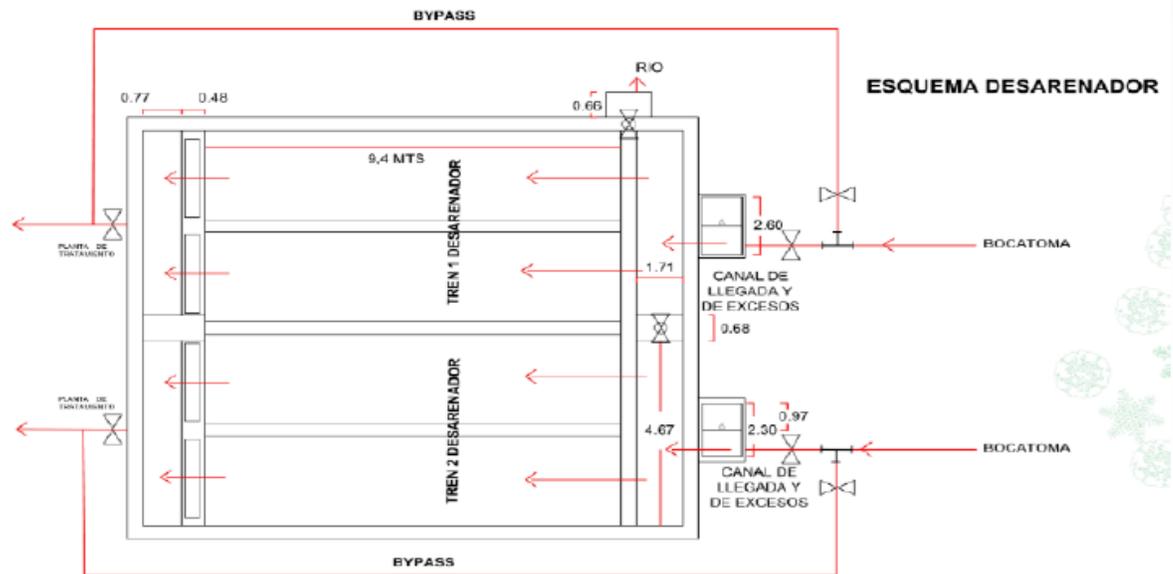
$$V = 68.48 \text{ M}^3$$

o Caudal que puede sedimentar en las condiciones establecidas:

$$Q = V / a = 68.48 \text{ M}^3 / 2577 \text{ seg} = \text{lts/seg}$$

Como son cuatro unidades el caudal total será: $26.6 * 4 = 106.4 \text{ lts/seg}$

Es de anotarse que si el caudal aplicado es mayor hidráulicamente el desarenador funcionará bien pero el porcentaje de remoción de partículas de arena fina se disminuirá.



Esquema 2. Sistema de desarenador
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

8.1.5 Conducción Desarenador – Planta De Tratamiento

Existe una conducción compuesta por dos tuberías de PVC en 12” con una longitud de 1052 metros la cual direcciona el agua desde los desarenadores hasta la planta de tratamiento de agua potable. La tubería a la salida del desarenador se encuentra ubicada sobre la cota 311.75 m.s.n.m, al final de la aducción a la entrada de la planta está sobre la cota 304.85 m.s.n.m, conforme con la longitud se tiene una pendiente de 0.65%. Las dos tuberías se unen dentro de las instalaciones del predio de la planta por una ye en HF que termina en 16”. Se arrojan un caudal real entre 62 y 105 litros por segundo para cada una de las dos tuberías.

8.1.6 Planta De Tratamiento

El sistema de acueducto cuenta con una planta convencional con capacidad según diseño de 250 litros por segundo (dato que requiere ser verificado), la cual potabiliza el agua proveniente del rio Satocà, la PTAP está contenida en una estructura de concreto reforzado construida en el año 1992. Este componente cuenta con una caja de pitometría en donde se ubica un Macromedidor ultrasónico, una estructura de llegada, dos trenes de floculación – sedimentación en paralelo y 5 filtros en paralelo. El macromedidor entrada y salida de la planta se encuentra funcionando en buenas condiciones, arrojando caudal promedio de 114 l/s, caudal máximo de 119 l/s cuando hay lavado de PTAP y caudales mínimos de 115 l/s.

La planta se encuentra ubicada en la vereda alto de la pava por la vía terciaria en regulares condiciones que conduce a las veredas alto Satocà-la Pavita a 11.4 km del área urbana el municipio. El agua conducida por las dos tuberías de 12” provenientes de los desarenadores se une a través de una y en HF la cual amplía su diámetro a una tubería en PVC de 16” metros arriba de la caja de pitometría. La planta está en un predio de propiedad de ECAAAS ESP con un área delimitada con un cerramiento en mampostería y malla de 7245,29 metros cuadrados. El sistema de tratamiento cuenta con un Bypass sobre una de las dos tuberías que vienen de los desarenadores conectándose a la tubería de 12” a la salida de la planta, es utilizado en caso que la planta sufra un daño de importancia.

Al sistema de tratamiento se le realiza un lavado general cada 15 días con agua a gran presión a sus paredes y piso y una adición posterior de cloro concentrado, este mantenimiento dura 50 minutos. En la planta se lleva un registro diario hora por hora denominado control de operaciones.



Figura 11. Panorámica general de la planta de tratamiento
Fuente: (Belmer Arguello, 2018)



Fotografía 9. Valla Informativa de la PTAP
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)



Fotografía 10. Vista general de la PTAP
Fuente: (Belmer Arguello, 2018)

8.1.6.1. Estructura de llegada y mezcla rápida

Este componente del sistema de tratamiento cuenta con una válvula en HF de 16” que regula el acceso de caudal al sistema, al igual que un tanque en fibra de vidrio 250 litros en donde se realiza una pre mezcla del hidroxocloruro aluminio utilizado como coagulante con agua.



Fotografía 11. Estructura de llegada, taquilla de adición de químicos
Fuente: (Autor, 2017)

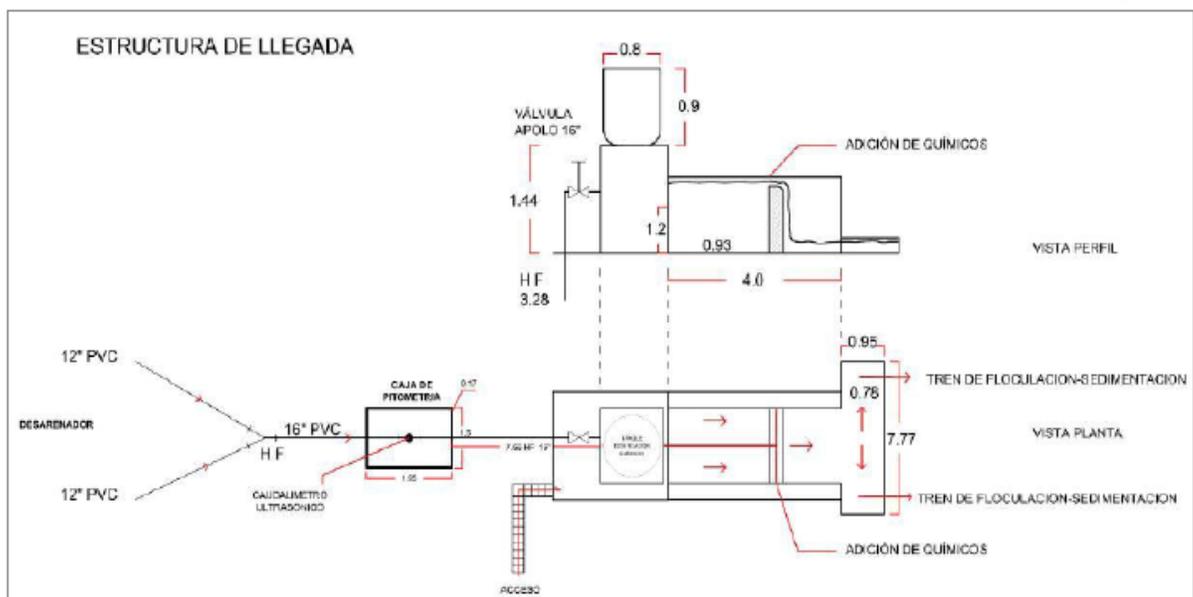


Fotografía 12. Estructura de llegada, taquilla de adición de químicos
Fuente: (Autor, 2017)

Una vez realizada la mezcla, esta es adicionada al agua que ingresa al sistema a través de una flauta elaborada en tubería de PVC en el punto exacto en donde se realiza el resalto hidráulico.

La entrada del agua a la planta se hace a través de una cámara de quietamiento, posterior a esta se encuentra un canal rectangular con vertedero rectangular que sirve para realizar la mezcla rápida y permite aforar el afluente que ingresa a la planta. La napa de caída libre aireada es un vertedero de caída recta que invertirá su curvatura y girará dentro de un flujo supercrítico sobre la loza, formando un resalto aguas abajo. La cámara de quietamiento o ingreso fue diseñada para recibir un caudal hasta de 165 litros por segundo.

La geometría del flujo de caída recta se puede describir como funciones del número de caída, el cual se define mediante formula, conforme con los cálculos realizados por el mencionado estudio se concluye que para un caudal medio de 100 litros por segundo el resalto hidráulico generado a la entrada de la planta se considera estable ya que el número de Froude está comprendido entre los rangos estimados. Para hallar la longitud del salto recurrimos a la curva preparada por el Bureau of Reclamation en la que se representa la relación $F1$ vs $L/Y28$.



Esquema 3. Estructura de llegada y mezcla rápida
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

8.1.6.2. Floculación – Sedimentación

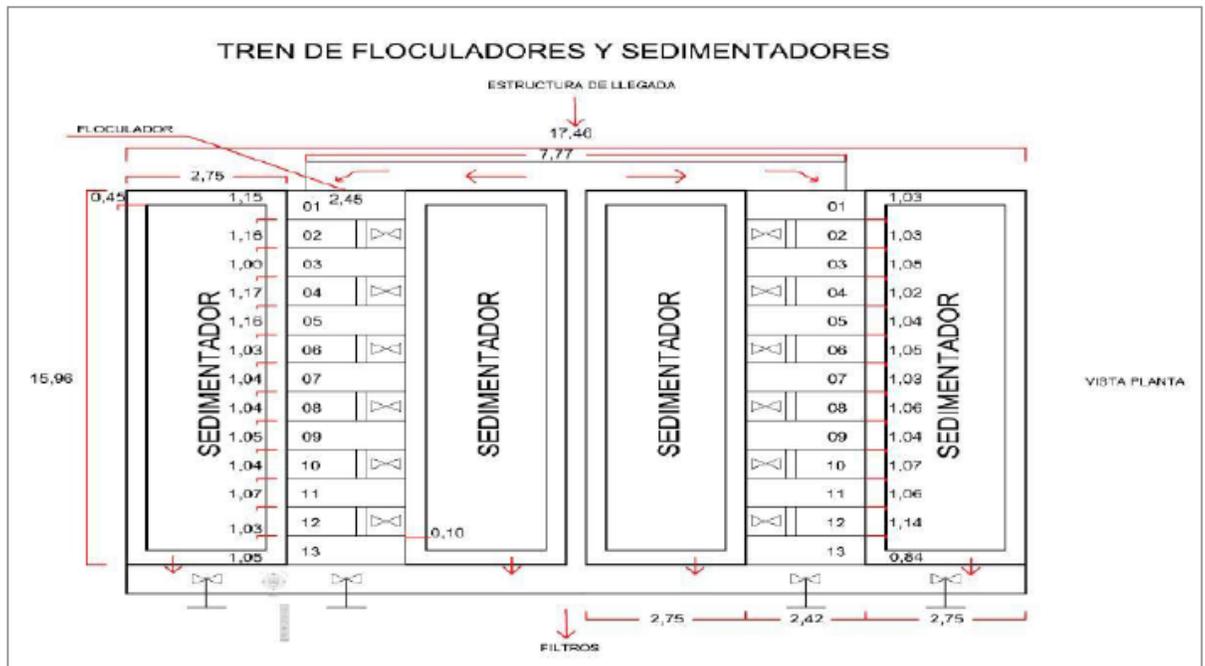
El sistema cuenta con dos trenes de floculación – sedimentación en paralelo, el agua que ingresa de la estructura de llegada es direccionada a cada tren de floculadores verticales con orificios (cada tren posee 12 cámaras con ventana inferior y superior intercaladamente) en donde se realiza el proceso de aglutinamiento de partículas coloidales y materiales finos inducido por la adición del hidroxicloriguro de aluminio, posteriormente esta agua desciende a la parte baja de los floculadores y asciende hidráulicamente por cada uno de los dos floculadores que compone cada tren.



Fotografía 13. Tren de floculación-sedimentación
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)



Fotografía 14. Trenes de floculación-sedimentación
 Fuente: (Autor, 2017)



Esquema 4. Trenes de floculación-sedimentación
 Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

Los sedimentadores están compuestos por paneles de tipo colmena en material poliestileno reforzado formado por 4 módulos existentes. La estructura de sedimentación es de alta tasa. Todas las cámaras del floculador son aproximadamente iguales y tienen un área transversal útil de 11,07 m² y ancho de 1,05 m, para un volumen total en las 12 cámaras por cada módulo de 139,48 m³. Si adoptamos un tiempo de retención de 25 minutos, el caudal máximo a tratar será de 92.99 litros por segundo, es decir 185,97 litros por segundo por los dos módulos existentes de floculadores.



Fotografía 15. Estado actual de las mayas de los sedimentadores
Fuente: (Autor, 2017)

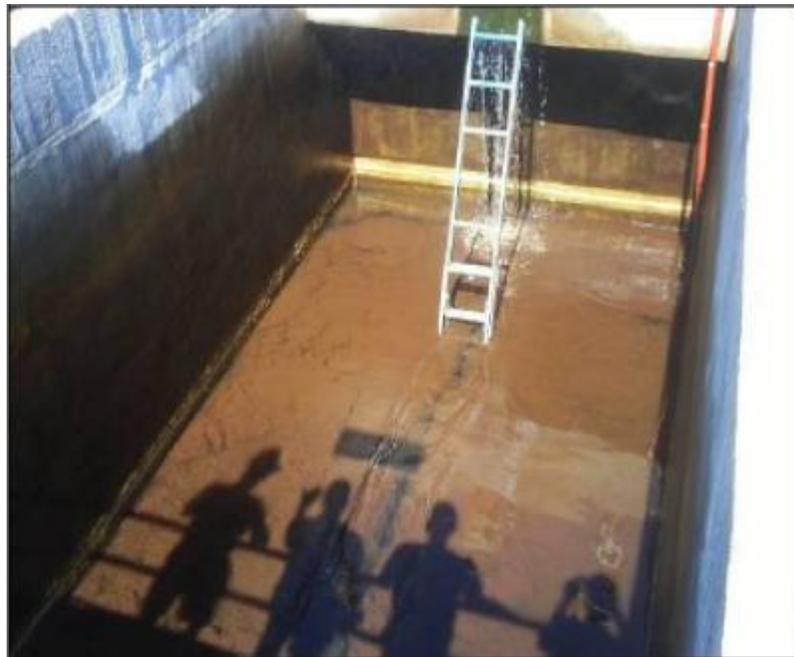
De esta forma el caudal máximo a pasar por cada orificio es de 0.5 litros por segundo. Acorde a este criterio el caudal máximo de entrada a los sedimentadores de la planta sería de 164 litros por segundo.

La salida del agua de los sedimentadores se realiza por canaletas de recolección de 28,80 m en cada módulo, que para un caudal estimado de 118 litros por segundo dividido en 4 módulos existentes daría, 29,50 litros por segundo, proporciona una carga unitaria de 1,02 litros por segundo/m adecuada para este tipo de estructuras. Acorde a este criterio el caudal máximo a tratar por los sedimentadores de la planta

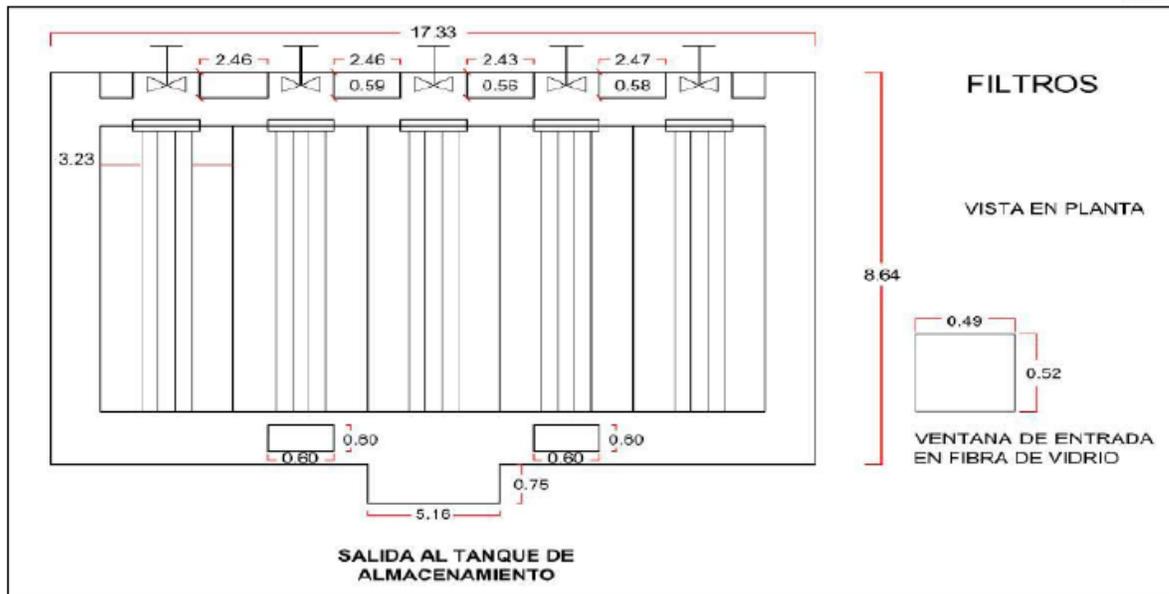
sería de 57,6 litros por segundo en cada módulo, 230,40 litros por segundo en toda la planta.

8.1.6.3. Filtración

El sistema cuenta con 5 filtros en fibra de vidrio que reciben el agua proveniente de los 4 sedimentadores por la parte superior, los filtros funcionan de forma descendente, una vez el agua es filtrada por los mantos de antracita, arena y grava es direccionada a una cámara de recolección la cual envía el agua para el tanque de almacenamiento.



Fotografía 16. Acceso del agua a los filtros, momento de lavado de un filtro
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)



Esquema 5. Sistema de filtros
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

La filtración se realiza por medio de una batería de 5 filtros rápidos descendentes con un área de 14,28 m² cada uno. Adoptando una tasa de filtración de 200 m³/m²/día, cada unidad estaría en capacidad de tratar 33 litros por segundo, para un total en la planta de 165 litros por segundo.

8.1.6.4. Dosificación De Productos Químicos

El tratamiento químico del agua se realiza con la adición de hidroxiclورو de aluminio líquido como aglutinante el cual se mezcla con agua y es adicionado a la entrada del agua en donde se realiza la mezcla rápida, este producto se almacena en dos tanques con capacidad cada uno de 10.000 litros, en condiciones normales cada tanque tiene una duración de dos meses, la cuantificación del hidroxiclورو adicionado se controla con el dosificador marca OBL tipo MB 58 PPM 3162 comprado en mayo de 2011 el cual se regula conforme con la prueba de jaras realizada en laboratorio.



Fotografía 17. Bodega de almacenamiento, Tanques de Hidroxicloruro e hipoclorito de calcio
Fuente: (Autor, 2017)



Fotografía 18. Bodega de almacenamiento, Cal Hidratada Tipo M
Fuente: (Autor, 2017)



Fotografía 19. Dosificadores de coagulantes
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

A fin de eliminar microorganismos patógenos y garantizar la calidad del agua es adicionada a esta a la salida de la planta cloro gaseoso, existe una estructura en donde se almacena este producto, se cuenta con un tablero de control del inyector-clorador. El cloro es contenido en una bala (pesa 625 kg) la cual almacena 1000 kg, la cual esta sobrepuesta sobre una báscula que registra su peso a fin de cuantificar su contenido.



Fotografía 20. Bodega almacenamiento de cloro gaseoso
Fuente: (Autor, 2017)



Fotografía 21. Bala de cloro, reloj bascula
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

Dentro de la estructura de cloración existe un tablero de control en donde se encuentra ubicado los dos cloradores inyectores.



Fotografía 22. Dosificador de cloro
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

Ubicados sobre el tablero se encuentra un clorador inyector marca HIDROINSTRUMENTS series 500 el cual fue comprado en el año 2005, al igual que otro clorador marca WALLACE Y TIERNAN versión 100 adquirido en el año 2010 igualmente calibrado, cada equipo trabaja continuamente por 6 meses y es enviado a calibración.



Fotografía 23. Cloradores sobre tablero de control
Fuente: (Autor, 2017)

La estructura o cuarto de cloración cuenta con un sistema de detección de fugas de cloro gaseoso, un sensor y un tablero de mando.



Fotografía 24. Detector de fugas de cloro
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

8.1.6.5. Laboratorio Y Zona Administrativa

El predio de la planta de tratamiento cuenta con un área administrativa de 270,65 metros cuadrados en donde se encuentra ubicado el laboratorio fisicoquímico, laboratorio microbiológico, oficina, almacén, cocina y bodega de químicos.



Fotografía 25. Vista general área Administrativa
Fuente: (Autor, 2017)

El predio de la planta de tratamiento cuenta con laboratorio fisicoquímico y laboratorio microbiológico en donde se realizan ensayos de Color Hazen, Color UPC, Turbiedad NTU, PH, Temperatura, Aluminio, dureza total, dureza cálcica, hierro, nitritos, nitratos, cloruros, alcalinidad, coliformes fecales y coliformes totales. Cuenta con los siguientes equipos:



Fotografía 26. Laboratorio físico, químico y microbiológico
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

Adicionalmente el predio de la planta de tratamiento cuenta con un sistema alterno de energía provisto por un generador de transferencia automática.



Fotografía 27. Caseta del generador eléctrico
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)



Fotografía 28. Generador eléctrico
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

8.1.7 Almacenamiento

Se trata de un tanque superficial en concreto reforzado, con una capacidad de 2,200 m³. Se encuentra en buen estado.

El agua ingresa a la estructura a través de una rampa en concreto que contiene las dos tuberías de 12” que provienen de la planta de tratamiento, antes de iniciar la rampa se tiene un sistema de dos válvulas por tubería las cuales direccionan el flujo de agua al tanque o al Bypass de este, a la salida el tanque posee una caja en donde se ubican las otras válvulas de direccionamiento del agua, al igual que un punto de muestreo del agua por cada tubería.



Fotografía 29. Tanque de Almacenamiento
Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)



8.1.8 Conducciones Tanque De Almacenamiento Red De Distribución

El agua una vez es tratada por la planta es conducida por dos tuberías de 12” en PVC RDE 41 en una distancia de 960 m hasta la rampa de acceso al tanque de almacenamiento, allí se cuenta con un sistema de bypass por cada una de las dos tuberías de acceso la cual conectan metros adelante de la salida del tanque, la cota de salida a la altura de la válvula de 16” aguas abajo de la planta es la 300.76 m.s.n.m y de llegada a la rampa 289.69 m.s.n.m. Los cálculos hidráulicos arrojan un caudal real aproximado de 126 litros por segundo para cada una de las tuberías, para un total de 252 litros por segundo. Los muros y fondo se encuentran en buen estado pues la inspección no indica fugas o filtraciones importantes.

8.1.9 Red De Distribución

El sistema de acueducto cuenta con un solo tanque de distribución o regulación construido en el año 1995 en concreto reforzado con un ancho de 23,26 m un largo de 23,31m por una profundidad de 4.8 m, el cual cuenta con un almacenamiento efectivo de hasta 2433 m³. Según indagaciones con el jefe de planta el tanque posee la capacidad de abastecer un consumo promedio de hasta 4 horas. El tanque de almacenamiento se encuentra ubicado en la vereda alto de la pava por la vía terciaria en regulares condiciones que conduce a las veredas alto Satocá-la pavita a 10.1 km del área urbana el municipio. Esta estructura se encuentra ubicada sobre un predio de propiedad de ECAAAS ESP de un área de 13.815 m². **(Ver tabla 4)**

Tabla 3. Especificaciones de la red

CODIGO DANE	PROCESO	CLASE DE DUCTO	SECCION TRANSVERSAL	DIAMETRO NOMINAL (PULGADAS)	AREA SECCION TRANSVERSAL (M2)	LONGITUD (m)	MATERIAL	TIPO DE INSTALACION	NUSH. NUMERO UNICO DE IDENTIFICACION DEL SECTOR HIDRAULICO	CERTIFICACION DE TUBERIA	NUMERO DE CERTIFICADO	ORGANISMO DE CERTIFICACION DEL PRODUCTO	NUMERO DE LOTE	FABRICANTE DE LA TUBERIA	NUMERO DE IDENTIFICACION TRIBUTARIA (NIT)	FECHA DE INSTALACION
81736	1	3		1.000000012.00		0000008298.00	1	1	1141	NO						06-03-1986
81736	2	3		1.000000008.00		0000001900.00	1	1	1141	NO						01-03-1998
81736	2	3		1.000000010.00		0000009769.00	1	1	1141	NO						01-03-1998
81736	2	3		1.000000012.00		0000008819.00	1	1	1141	NO						01-03-1998
81736	3	3		1.000000006.00		0000001315.00	1	1	1141	NO						01-09-1989
81736	3	3		1.000000006.00		0000008040.00	1	1	1141	NO						01-09-1993
81736	3	3		1.000000006.00		0000000860.00	1	1	1141	NO						01-09-2000
81736	3	3		1.000000006.00		0000002450.00	1	1	1141	NO						01-09-2006
81736	3	3		1.000000006.00		0000000750.00	1	1	1141	NO						01-09-2010
81736	3	3		1.000000006.00		0000000650.00	1	1	1141	NO						01-09-2015
81736	3	3		1.000000008.00		0000002200.00	1	1	1141	NO						01-09-1993
81736	3	3		1.000000008.00		0000000350.00	1	1	1141	NO						01-03-1998
81736	3	3		1.000000008.00		0000000060.00	1	1	1141	NO						01-09-2000
81736	3	3		1.000000008.01		0000001500.00	1	1	1141	NO						01-09-2006
81736	3	3		1.000000008.02		0000000995.00	1	1	1141	NO						01-09-2010
81736	3	3		1.000000010.00		0000001834.00	1	1	1141	NO						01-09-2000
81736	4	3		1.000000002.00		00000009596.00	1	1	1141	NO						10-02-1990
81736	4	3		1.000000002.00		00000008750.00	1	1	1141	NO						01-09-2000
81736	4	3		1.000000002.00		00000002250.00	1	1	1141	NO						01-09-2006
81736	4	3		1.000000002.00		0000000380.00	1	1	1141	NO						01-01-2012
81736	4	3		1.000000002.00		0000000520.00	1	1	1141	NO						01-01-2014
81736	4	3		1.000000003.00		0000029988.00	1	1	1141	NO						10-02-1990
81736	4	3		1.000000003.00		0000000520.00	1	1	1141	NO						01-09-2000
81736	4	3		1.000000003.00		0000001205.00	1	1	1141	NO						01-09-2006
81736	4	3		1.000000003.00		0000000290.00	1	1	1141	NO						01-01-2012
81736	4	3		1.000000003.00		0000000250.00	1	1	1141	NO						01-10-2013
81736	4	3		1.000000003.00		0000000320.00	1	1	1141	NO						01-01-2014
81736	4	3		1.000000003.00		0000000215.00	1	1	1141	NO						01-06-2015
81736	4	3		1.000000003.00		0000000215.00	1	1	1141	NO						01-06-2015
81736	4	3		1.000000004.00		0000009825.00	1	1	1141	NO						10-02-1990
81736	4	3		1.000000004.00		0000000565.00	1	1	1141	NO						01-09-2000
81736	4	3		1.000000004.00		0000000340.00	1	1	1141	NO						01-09-2006
81736	4	3		1.000000004.00		0000000150.00	1	1	1141	NO						01-01-2012
81736	4	3		1.000000004.00		0000000650.00	1	1	1141	NO						01-10-2013
81736	4	3		1.000000004.00		0000000120.00	1	1	1141	NO						01-01-2014
81736	4	3		1.000000004.00		0000000080.00	1	1	1141	NO						01-06-2015

Fuente: (ECAAS E.S.P., 2017)

8.1.10 Conexiones Domiciliarias

Su cobertura es del 98% se encuentran instaladas en tuberías PVC y PF+UAD con su respectiva cajilla domiciliaria.

8.1.10.1 Micro medición

El 100% de las acometidas domiciliarias posee micro medidor

8.1.10.2 El Estado Existente

Tabla 4. Componentes del sistema de acueducto

ELEMENTO	TIPO	DESCRIPCION
Fuente	Superficial	Rio Satocá. La pendiente de la cuenca es suave. La vegetación predominante son árboles y arbustos. Predomina la actividad ganadera.
Captación	Lateral	Consta de tres módulos en concreto.
Aducción	Tubería	2 \varnothing -12" L=600mts
Desarenador	doble	Dos estructuras de: L=9065, B=2.40, H=3.38
Conducción	Gravedad	2 tuberías paralelas \varnothing -12"PVC.
Planta de tratamiento	convencion al	Capacidad: 200 lts/seg
Almacenamiento	Concreto	Capacidad = 2200 m3
Cond. A la red	Gravedad	\varnothing 10" + \varnothing 12" L=6350 m. cada una cap: 170 lts/seg
Redes	Tubería PVC	\varnothing entre 1 1/2" y 12"
Micromedicion	Chorro Único	

Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

Tabla 5. Capacidad de los componentes

ELEMENTO	CAPACIDAD
Fuente	2000 l.p.s
Captación	250 l.p.s.
Aducción	135 l.p.s.
Desarenador	106 l.p.s.
Conducción	121 l.p.s.
Almacenamiento	2200 M3
Planta	200 l.p.s.

Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

Tabla 6. Estado de los componentes

ELEMENTO	ESTADO	REQUERIMIENTO
Fuente	Bueno	
Captación	Bueno	Ninguno
Aducción	Bueno	Instalación de ventosas
Desarenador	Bueno	Instalaciones de cajillas para válvulas. Anticorrosivo para los elementos metálicos.
Conducción	Bueno	Instalación de ventosas y purgas.
Planta de tratamiento	Bueno	Poner en funcionamiento.
Almacenamiento	Bueno	Tapa para la caja de válvulas. Anticorrosivo para las partes metálicas. Limpieza de los alrededores.
Cond. A la red	Regular	Instalar ventosas y purgas
Redes	Bueno	Revisar su funcionamiento hidráulico

Fuente: (ECAAAS E.S.P., 2017)

8.1.11. Restitución de sobrantes

Para el caso en particular Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) del municipio de Saravena, y entre las diferentes alternativas de tratamiento de lodos se proyecta la construcción de una cámara de filtrado y secado de lodo y una cámara de pre tratamiento con carbón activado **(Ver Plano Anexo/ 1. DISEÑO ALTERNATIVA AVANZADA PARA TRATAMIENTO DE LODOS DE ECAAAS E.S.P. - VISTA EN PLANTA)** y se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000", en su título C. Esta alternativa es viable dado al caudal que se trata o potabiliza.

8.2 CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P.



Los lodos provienen de las etapas de tratamiento llevadas a cabo en la PTAP de la ECAAAS E.S.P. para la potabilización del agua en el municipio de Saravena, y sus características dependen de donde se originaron, la calidad del agua cruda captada y del tratamiento que han recibido, es decir el tipo de coagulante suministrado, en consecuencia de ello se va tener un tipo de lodo, el efecto que genera al ser descargado a la fuente receptora y el tipo de tratamiento que requiere. **(Ver Anexo/ 7. RESULTADOS SIAMA LTDA. DE LODO DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, 8. ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE MUESTRA DE LODO DE LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES MUNICIPIO DE SARAVENA-ARAUCA (18 MAYO y 21 DICIEMBRE DE 2017) – ECAAAS E.S.P.)**

A continuación se mostrarán las características fisicoquímicas de los lodos en ECAAAS E.S.P. **(Ver tabla 7 y 8)**:

Tabla 7. Caracterización fisicoquímica de los lodos presentes en la ECAAAS E.S.P.

Caracterización fisicoquímica de los lodos presentes en la PTAP de la ECAAAS E.S.P.				
Parámetros	Unidades	Método	Fecha y sitio de muestreo	
			18-may-2017	Valor Max permisible RES 0631/15
			Cámara de mezcla	
Sólidos totales	mg/L	SM 2540 B	4660	Análisis y reporte
Sólidos suspendidos totales	mg/L	SM 2540 D	4485	50
DQO	mg O ₂ /L	SM 5220 C	1317	150
DBO ₅	mg O ₂ /L	SM 5210 B ASTM D888-12 Método C	469	50
PH	Unid. pH	SM 4500 H ⁺ B	6,60	6,00-9,00
Temperatura	°C	SM 4500 H ⁺ B	27	Análisis y reporte
Sólidos Sedimentables	ml/L	SM 2540 F	400	1
Manganeso	mg Mn/L	SM 3030 F, SM 3111 B	0,54	Análisis y reporte
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	SM 4500-Cl ⁻ B	7,5	250
Aluminio	mg Al /L	SM 3030 F, SM 3111 B	176	Análisis y reporte
Hierro	mg Fe/L	SM 3030 F, SM 3111 B	19,2	1
Fluoruros	mg F ⁻ /L	SM 4500 F-B, C	<0,1	5
Mercurio	mg Hg ⁻ /L	SM 3112 B	<0,0005	0,002

OBSERVACIONES: SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Caracterización fisicoquímica de los lodos presentes en la PTAP de la ECAAAS E.S.P.				
Parámetros	Unidades	Método	Fecha y sitio de muestreo	
			21-dic-2017	Valor Max permisible RES 0631/15
			Cámara de mezcla	
Sólidos totales	mg/L	SM 2540 B	2720	Análisis y reporte
Sólidos suspendidos totales	mg/L	SM 2540 D	2680	50
Densidad	g/mL	Gravímetro	0,9979	Análisis y reporte



DQO	mg O ₂ /L	SM 5220 C	872	150
DBO ₅	mg O ₂ /L	SM 5210 B ASTM D888-12 Método C	278	50
PH	Unid. Ph	SM 4500 H ⁺ B	6,53	6,00-9,00
Temperatura	°C	SM 4500 H ⁺ B	26	Análisis y reporte
Solidos Sedimentables	ml/L	SM 2540 F	900	1
Manganeso	mg Mn/L	SM 3030 F, SM 3111 B	0,31	Análisis y reporte
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	SM 4500-Cl ⁻ B	<2,0	250
Aluminio	mg Al /L	SM 3030 F, SM 3111 B	119	Análisis y reporte
Hierro	mg Fe/L	SM 3030 F, SM 3111 B	28,2	1
Fluoruros	mg F ⁻ /L	SM 4500 F-B, C	<0,1	5
Mercurio	mg Hg ⁻ /L	SM 3112 B	<0,0005	0,002

OBSERVACIONES: SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Fuente: (Autor, 2017)

En la **tabla 7 y tabla 8** se verificarán los muestreos compuestos realizados en la cámara de mezcla el 18 de mayo y 21 de diciembre del 2017 enviados al laboratorio de SIAMA LTDA, ya que al ser más representativo se podrá evaluar mediante la Resolución No. 0631 del 17 de marzo del 2015 si estos lodos evacuados están contemplados dentro del rango de los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales, para dicho caso teniendo en cuenta el “artículo 15. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas – Arnd para actividades industriales, comerciales, o de servicios diferentes a las contempladas en los capítulos V y VI con vertimientos puntuales a agua superficial.” de dicha resolución.

Tabla 8. Caracterización microbiológica de los lodos presentes en la ECAAAS E.S.P.

Caracterización microbiológica de los lodos presentes en la PTAP de la ECAAAS E.S.P. 18-may-17		
Parámetros	Método	Fecha y sitio de muestreo
		18-may-17
		Cámara de mezcla
Coliformes totales	St. Mth. 9221 B	7000 NMP / 100 mL



Coliformes fecales	St. Mth. 9223 B	7000 NMP / 100 mL
Escherichia Coli	St. Mth. 9223 B	930 NMP / 100 mL

OBSERVACIONES: SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, ED 22.

Caracterización microbiológica de los lodos presentes en la PTAP de la ECAAAS E.S.P. 21-dic-2017		
Parámetros	Método	Fecha y sitio de muestreo
		18-may-17 Cámara de mezcla
Coliformes totales	NTC 4458	26 x10 UFC / g Biosólido
Coliformes fecales	NTC 4458	8 x10 UFC / g Biosólido
Escherichia Coli	NTC 4458	1 x10 UFC / g Biosólido

OBSERVACIONES: SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, ED 22.

Fuente: (Autor, 2018)

Si bien es notable que los análisis de sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales de los lodos salen del valor límite máximo permitido; asimismo DQO, DBO₅ y el hierro, se debe señalar que no existe una normativa en donde se pueda evaluar los parámetros en que deben estar los lodos vertidos a agua superficial como tal, puesto que la Resolución No. 0631 del 17 de marzo del 2015 está destinada para aguas residuales, no obstante se llevó a cabo la evaluación con el propósito de conocer que tanto se puede estar afectando el efluente con el vertido de estos lodos cada 15 días **(Ver tablas 7)**. Por otra parte se puede afirmar que los cloruros, fluoruros, mercurio y aluminio están cumpliendo con los requerimientos, para el caso de coliformes se presenciaron una cantidad considerable dentro de las muestras recolectadas. **(Ver tablas 8)**.

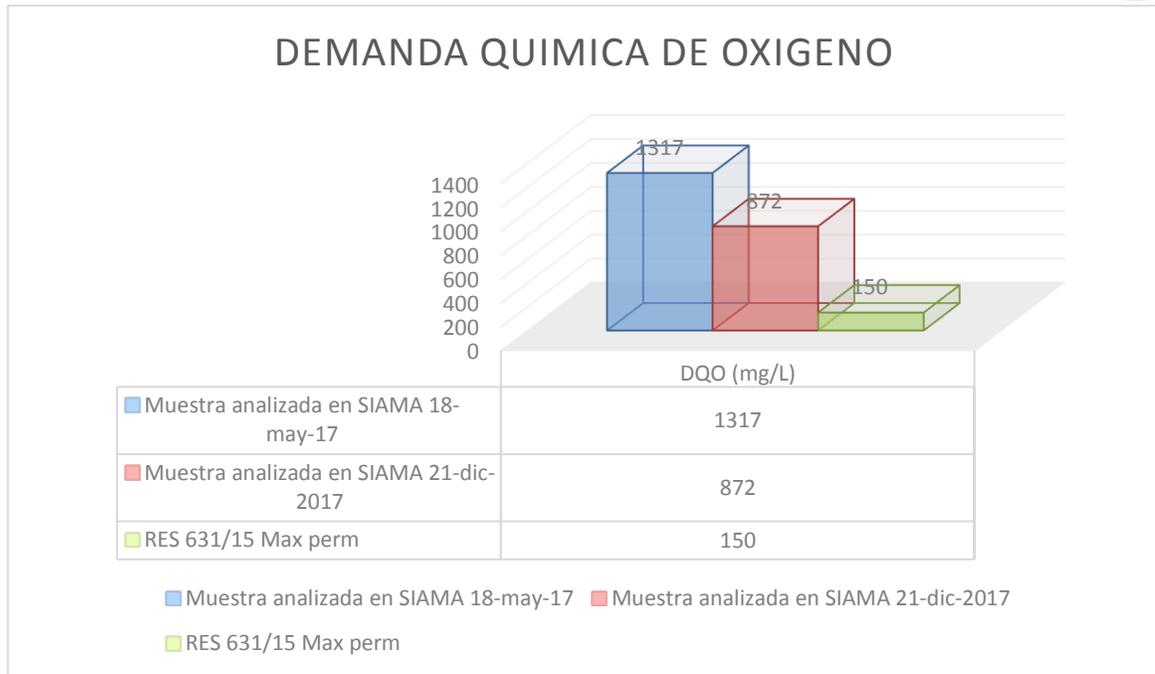


Figura 12. Evaluación de DQO obtenido con la norma.

Fuente: (Autor, 2018)

En la **figura 12** Se generó la gráfica de acuerdo a los resultados obtenidos de la muestra compuesta tomada en la Cámara de mezcla de la PTAP, extraído de las tablas 7, la figura nos facilita observar el contenido de DQO y comparar con el valor límite máximo permitido, lo que nos indica que hay alta cantidad de materia orgánica a la hora de evacuar los lodos al efluente, es decir los lodos que pasan por la cámara de mezcla superan los valores límite permitidos para los prestadores de servicios públicos de agua potable.

En cuanto a la presencia de solidos totales se puede apreciar que los lodos evacuados pertenecientes a la cámara de mezcla son relativamente altos, aunque la resolución dice que se analiza y reporta no estipula un valor límite permisible. **(Ver figura 13)**

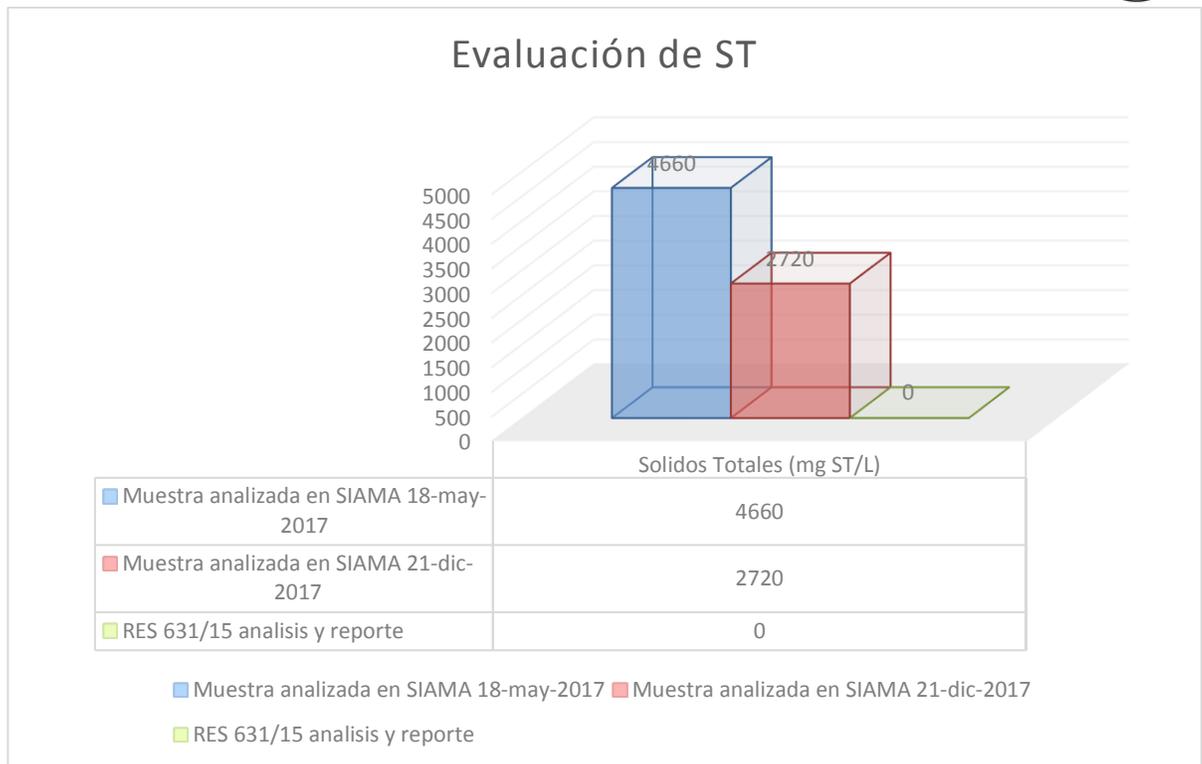


Figura 13. Evaluación de ST obtenido con la norma.

Fuente: (Autor, 2018)

La **figura 14** muestra los resultados del análisis de lodos de la cámara de mezcla presentan un comportamiento ligeramente ácido y se encuentra dentro del rango permisible de la resolución 631 del 2015.

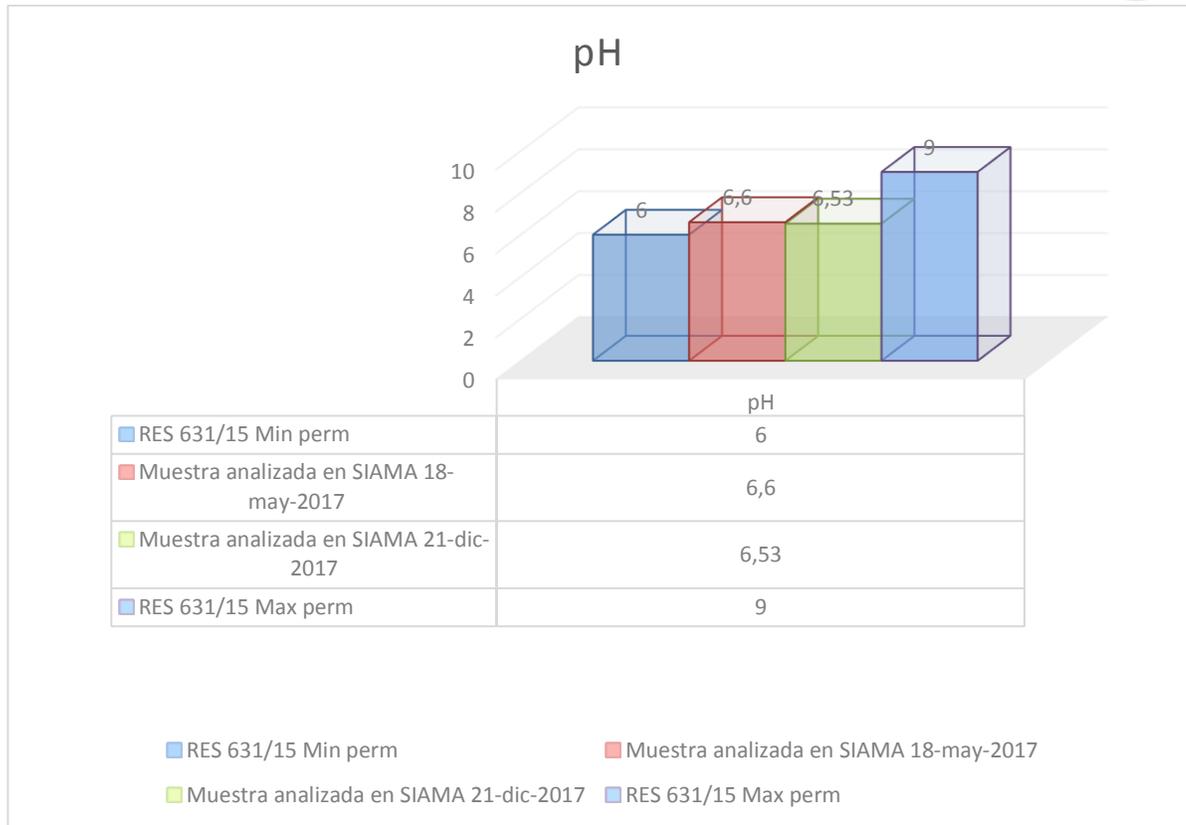


Figura 14. Evaluación de pH obtenido con la norma.
Fuente: (Autor, 2018)

La cantidad de sólidos suspendidos totales de los lodos son presentados en la **figura 15**, en donde se aprecia una concentración alta de sólidos para el caso de las muestras tomadas en la Cámara de mezcla mas pronunciada para la muestra del 18 de mayo de 2017 evaluando la resolución 631 del 2015. Los sólidos sedimentables de los lodos presentan el mismo comportamiento a los totales, sobre todo para la muestra del 21 de diciembre de 2017 y se pueden observar en la **figura 16**.

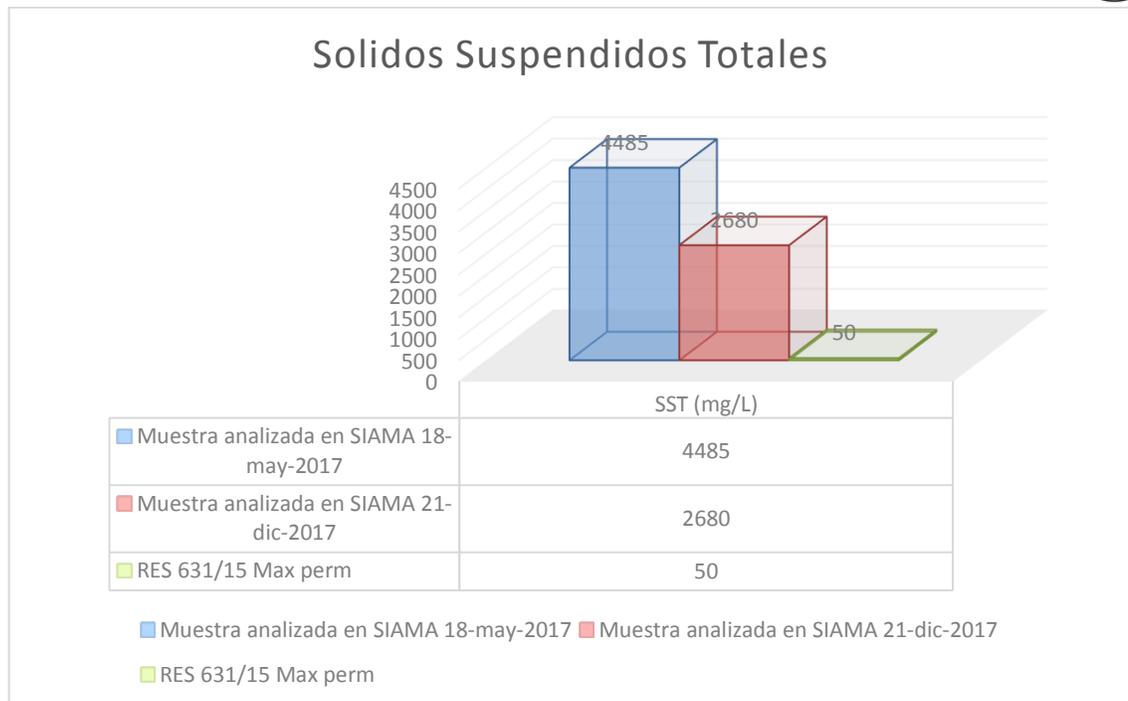


Figura 15. Evaluación de SST obtenido con la norma.
 Fuente: (Autor, 2018)

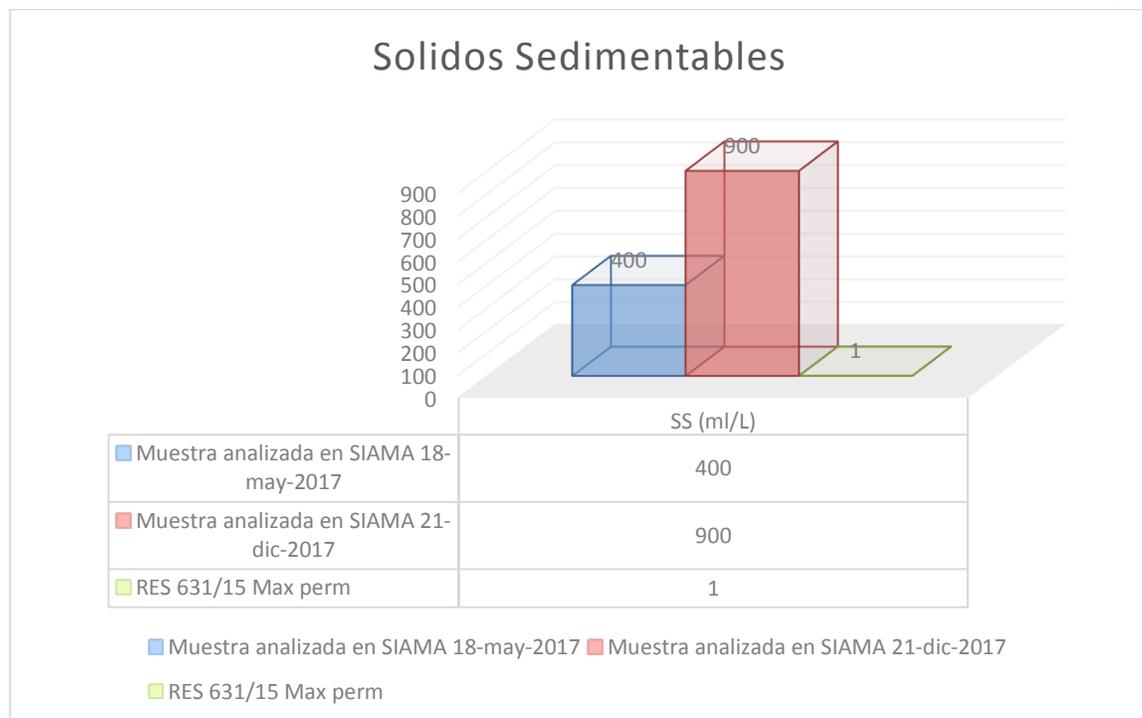


Figura 16. Evaluación de SS obtenido con la norma.
 Fuente: (Autor, 2018)

En la **figura 17** se muestran los resultados para la concentración de DBO₅ encontrados en los lodos, se aprecia que sobrepasa el valor límite permitido, se pronuncia más para el caso de la muestra tomada el 18 de mayo de 2017.

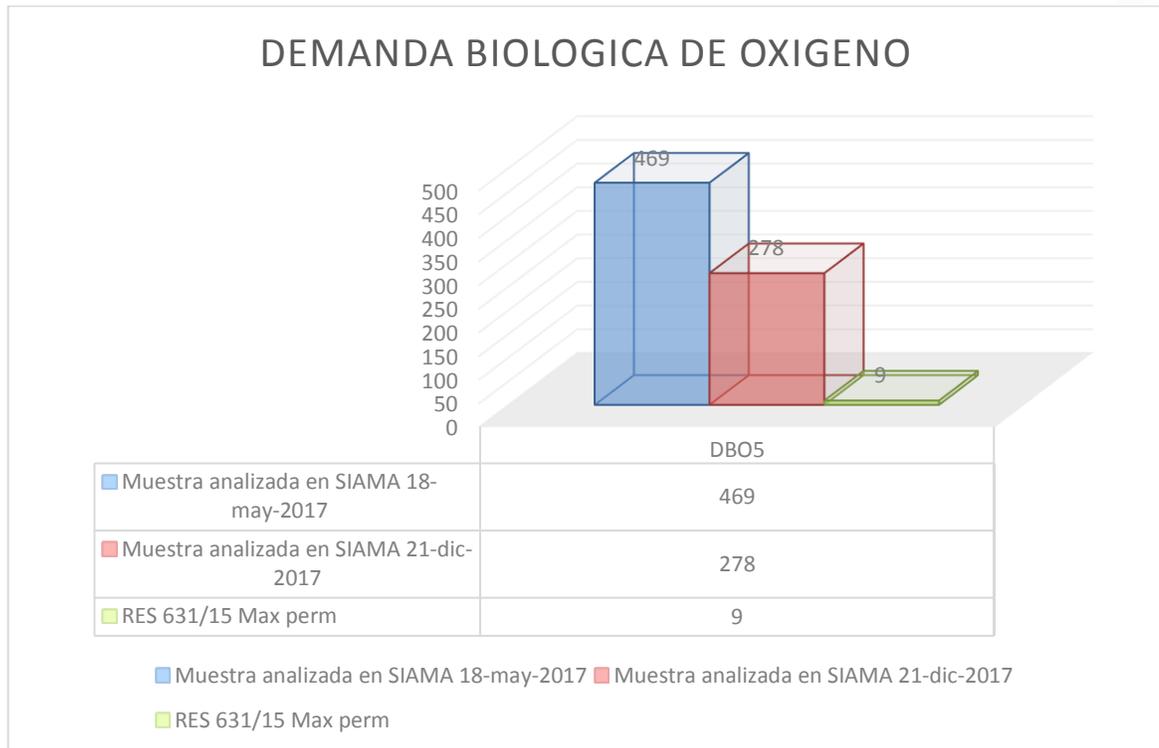


Figura 17. Evaluación de DBO₅ obtenido con la norma.

Fuente: (Autor, 2018)

La cantidad de cloruros obtenida a partir de los análisis de lodos de la PTAP enviados a SIAMA son presentados en la **figura 18**, se aprecia una concentración baja de cloruros en la Cámara de mezcla a comparación de la Resolución 631 del 2015.

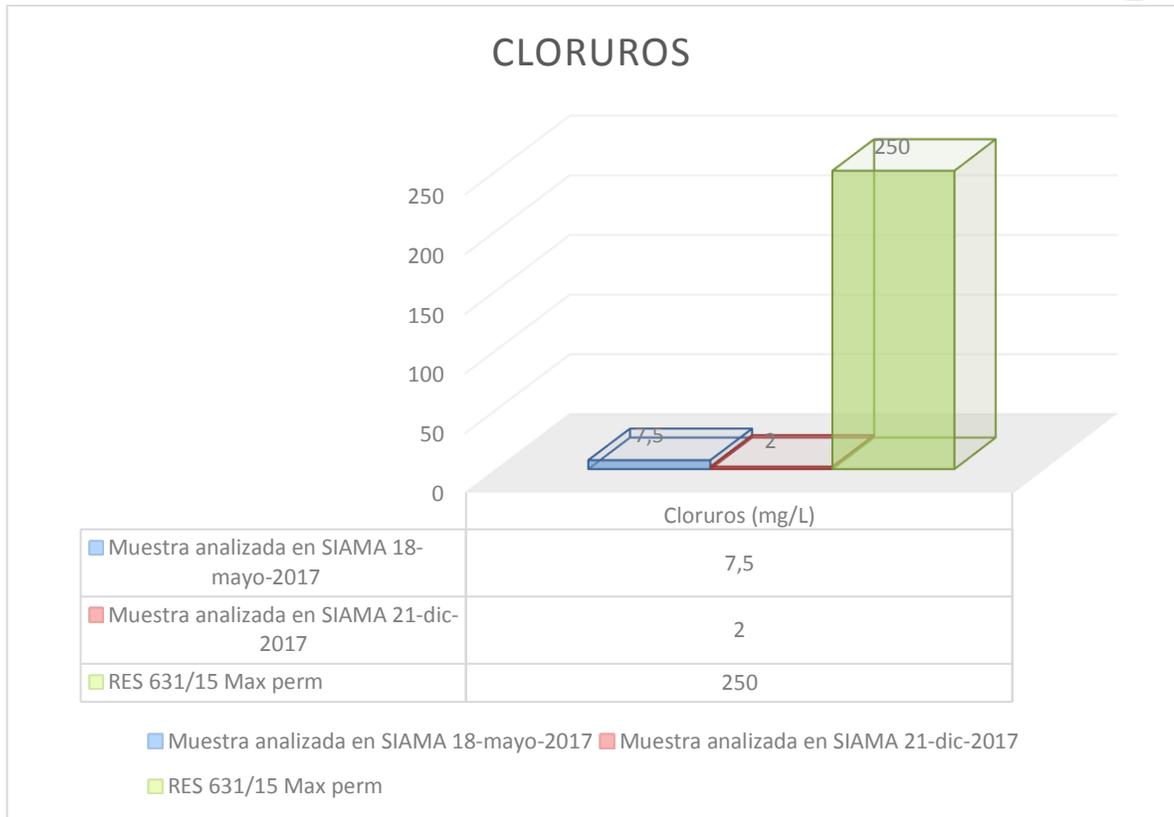


Figura 18. Evaluación de Cloruros obtenido con la norma.
 Fuente: (Autor, 2018)

De acuerdo a los datos obtenidos en la **tabla 8** de DQO y DBO₅ de lodos de la PTAP de Saravena, se puede afirmar que estos no cumplen con los valores límites permisibles para vertimientos a aguas superficiales por parte de prestadores de servicios públicos.

Para el caso de solidos totales, solidos suspendidos totales, solidos suspendidos volátiles y solidos sedimentables sobrepasan el valor límite permisible según la Resolución No. 0631 del 17 de marzo del 2015 señalado en el capítulo VII, Artículo 15.

El valor de PH de la **tabla 8** para los lodos analizados muestran que se encuentran cumpliendo ya que no salen del rango que oscila desde 6 a 9 (Unid. PH), acorde a la Resolución No. 0631 del 17 de marzo del 2015 señalado en el capítulo VII, Artículo 15.

8.3 CUANTIFICACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS A PARTIR DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE ECAAAS E.S.P.

La planta de tratamiento es lavada en su totalidad cada 15 días, lavado que tiene una duración de aproximadamente 72 minutos en los cuales son desocupados los floculadores-sedimentadores, y cada uno de los 5 filtros, estos últimos son lavados en época de verano día por medio y en invierno todos los días en las horas de la noche, el lavado de cada filtro se demora entre 10 y 12 minutos. Cada estructura una vez desocupada es lavada a presión con abundante agua, posteriormente se les adiciona a las paredes y pisos cloro concentrado. Eventualmente dependiendo de la presencia de sedimentos en el agua cruda, estos se evacuan a través de aperturas de grifos.



El agua de lavado de las estructuras es direccionada por un canal a una caja, posteriormente por tubería de 10" a otra caja de inspección y por ultimo mediante tubería de 16" hasta el rio Satocá. Se determinó la cantidad de lodo producido durante 1:12 minutos (una hora y doce minutos) que tardo el lavado en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de municipio del Saravena, estimando la cantidad de lodos antes de ser evacuados al rio Satocá, mediante medición volumétrica de caudal, en donde se tuvo en cuenta las medidas de la tubería por donde se evacua el lodo, lamina de lodo cada 2 minutos (es decir si se evacuaba a tubo lleno o no), de esta manera obteniendo un caudal promedio y el volumen total de lodo evacuado hacia la fuente receptora (efluente) **(Ver Anexo/ 3. CUANTIFICACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS A PARTIR DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE ECAAAS E.S.P.) (Ver tabla 11)**

Tabla 9. Volumen de lodos producidos en la PTAP de Saravena

Características generales de los trenes de floculación-sedimentación-filtración y lodos evacuados durante el lavado de la PTAP en el mes de abril		
cámaras del floculador		
área transversal útil	m ²	11.07
Ancho	m	1.05
volumen total en las 12 cámaras por cada módulo	m ³	139.48
caudal máximo en los dos módulos	l/s	185.97
sedimentadores formado por 4 módulos existentes		
canaletas de recolección para salida por cada modulo	m	28.8
caudal máximo total	l/s	230.4
batería de 5 filtros rápidos descendentes		
área cada uno	m ²	14.28
tasa de filtración	m ³ /m ² /día	200
caudal máximo total	l/s	165
Medidas cámara de mezcla		
Ancho	m	1.64
Largo	m	2
Profundidad	m	1.57
lodo evacuado en abril		
Caudal Promedio Llaves Evacuación	l/s	1
volumen promedio de lodo evacuado durante lavado	m ³	248.72

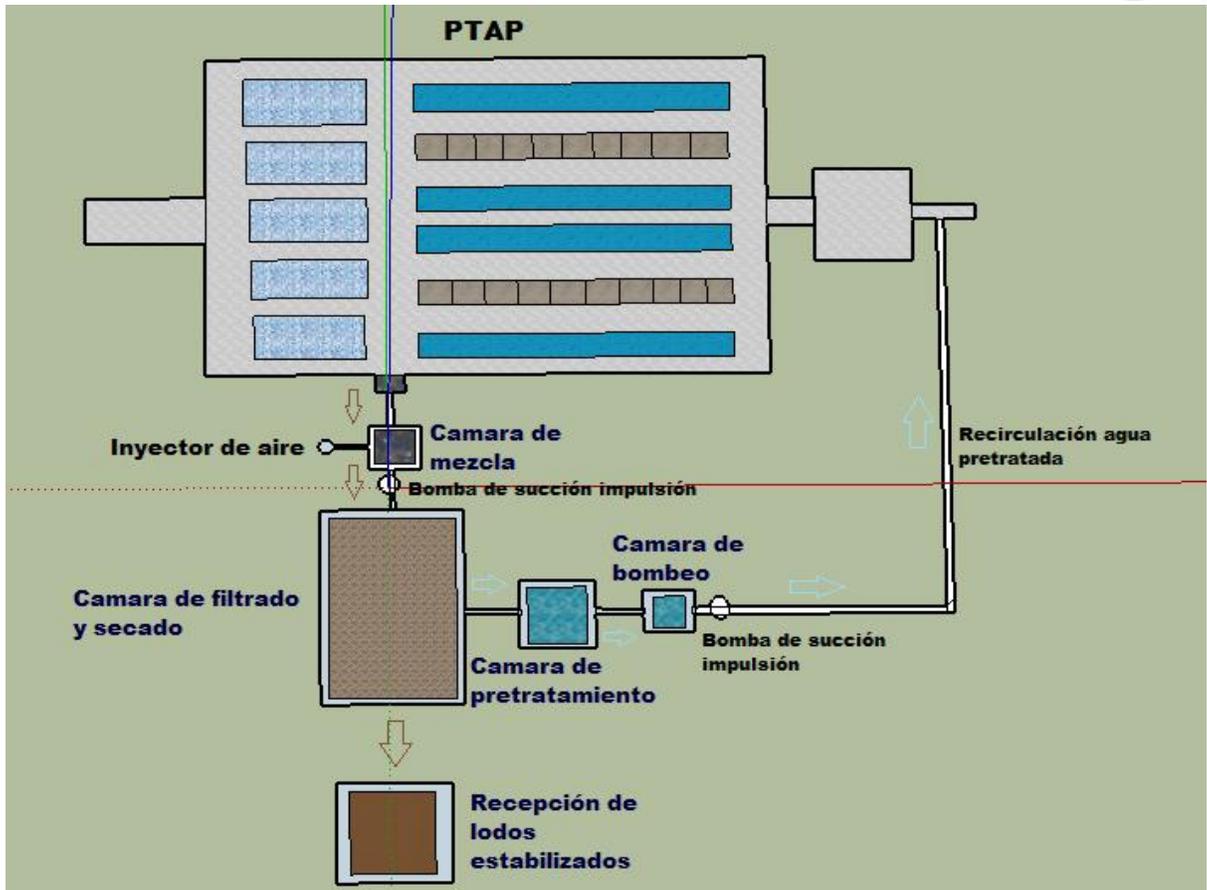
Fuente: (Autor, 2017)



8.4 DETERMINACIÓN DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS

Una vez analizado cada tratamiento y teniendo en cuenta que la PTAP de Saravena maneja un tratamiento convencional, se llegó a la conclusión de que la alternativa más viable para el manejo de estos lodos es realizar una combinación de diferentes tratamientos en donde se llegue a estabilizar los lodos mediante una cámara de filtrado y secado teniendo el lodo previamente homogeneizado, además se logre recuperar el agua a partir de realizar un pre tratamiento mediante una cámara con carbón activado, para así pasar a una cámara de bombeo la cual permitirá a través de una bomba de succion-impulsion recircular con ayuda de tubería el agua pre tratada hacia la PTAP, para el diseño de estas unidades se tendrá en cuenta el espacio requerido, el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) 2000, la asequibilidad en cuanto a costos y que sea eficiente para la empresa. Por otra parte se debe aumentar el borde libre de la cámara de mezcla teniendo en cuenta que durante la evacuación de lodos producto del lavado se rebosa por unos minutos.

Además se debe tener en cuenta que la Planta de tratamiento de Agua Potable de Saravena maneja un caudal aproximado de 120 l/s, la selección de un método de deshidratación depende de la disposición de terreno en la PTAP y de las condiciones climáticas de la zona, por lo que se decidió llevar a cabo el diseño de la unidad de deshidratación de lodos y pre tratamiento de agua de la siguiente manera. **(Ver esquema 6)**



Esquema 6. Unidad de deshidratación de lodos y pre tratamiento de agua vista en planta

Fuente: (Autor, 2017)



8.5 DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS A TRAVÉS DE LECHOS DE SECADO

Para llevar a cabo el diseño de la alternativa avanzada se llegó a la conclusión de que se debía llevar a cabo diferentes procesos para ser avanzada, por ende se estableció diseñar las siguientes unidades cumpliendo con requerimientos de la PTAP y el RAS 2000 (**Anexo/ 1. DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACIÓN DE LODOS DE ECAAAS E.S.P. - VISTA EN PLANTA**), inicialmente se contara con un inyector de aire en la cámara de mezcla el cual tendrá la función la de homogeneizar el lodo producto del lavado de la PTAP, asimismo habrá una bomba de succión y/o impulsión que a través de tubería transportara el lodo extraído a una cámara de filtrado y secado, donde los lodos al ya pasar por dicha unidad estarán estabilizados y podrán ser conducidos a una zona de recepción de lodos para darle su posterior manejo y/o disposición final.

El agua ya clarificada pasará a una cámara de pre tratamiento con carbón activado, seguidamente se tendrá una cámara de bombeo que permitirá a través de una bomba succionar y/o impulsar el agua pre tratada hacia la PTAP, esta agua filtrada y pre tratada podrá aprovecharse en la PTAP y/o ser vertida a la fuente hídrica cumpliendo con el Decreto 1541 de 1978 artículos 208 y 211. Por el cual se reglamenta Decreto - Ley 2811 de 1974 y Res 631 de 2015, donde la empresa deberá expedir un permiso de vertimiento a través de Corporinoquia.

A continuación, se presentará cada uno de los diseños:

8.5.1 DISEÑO DE LA CÁMARA DE FILTRADO Y SECADO (LECHOS DE SECADO)

En primer lugar se parte de datos de campo recolectados y obtenidos de laboratorios.

-Caudal promedio de evacuación de los grifos: Fuente: Datos de Campo del Proyecto

$$Q = 1 \text{ L/s}$$



-Promedio solidos suspendidos: Fuente: Datos de Campo del Proyecto (Laboratorio)

$$SST = 3582,5 \text{ mg/L}$$

-Densidad de lodo: Fuente: Datos de Campo del Proyecto (Laboratorio)

$$D = 0,998 \text{ Kg/L}$$

-% Solidos Contenidos en Lodo: De acuerdo al libro de (METCALF – EDDY, 2014)

% de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varia entre 8 a 12%.

Se asume

$$\% \text{ Solidos} = 10 \%$$

-Tiempo de Digestión de Lodos: **(Ver tabla 11).**

Tabla 11. Tiempo de Digestión de lodos.

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2005)

Se asume un Tiempo de Digestión de Lodos de

$$Td = 30 \text{ dias}$$

Puesto que la temperatura en Saravena es mayor a 25 °C.

-Ancho Normal Del Lecho: Varía de 3 a 6 m (En casos Especiales sobrepasa 10m)



Se asume un Ancho Normal Del Lecho de

$$A = 6 \text{ m}$$

-Profundidad de Aplicación del Lodo: Varía de 0,2 a 0,4 m

Se asume una Profundidad de Aplicación del Lodo de

$$HA = 0,4 \text{ m}$$

Memorias de cálculo:

- Carga de Solidos: se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$C = Q * SST * 0,0864$$

Donde:

C= Carga de Solidos (Kg/dia)

Q= Caudal (L/s)

SST= Solidos suspendidos (mg/L)

Reemplazando se tiene:

$$C = 1 * 3582,50 * 0,0864$$

$$C = 309,53 \text{ Kg/dia}$$

- Masa de Solidos en el Lodo: se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$MSD = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

Donde:

MSD= Masa de Solidos en el Lodo (Kg/dia)

C= Carga de Solidos (Kg/dia)



Reemplazando se tiene:

$$MSD = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 309,53) + (0,5 * 0,3 * 309,53)$$

$$MSD = 100,60 \text{ Kg/dia}$$

- Volumen Diario de Lodos Digeridos: se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$VLD = \frac{MSD}{\left(D * \frac{\%Solidos}{100}\right)}$$

Donde:

VLD = Volumen Diario de Lodos Digeridos (L/dia)

MSD= Masa de Solidos en el Lodo (Kg/dia)

D= Densidad del Lodo (Kg /L)

% Solidos= Solidos Contenidos en Lodo (%)

Reemplazando se tiene:

$$VLD = \frac{100,60}{\left(0,998 * \frac{10,00}{100}\right)}$$

$$VLD = 1008,08 \text{ L/dia}$$

-Volumen de Lodos para Extracción: se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$VEL = \frac{VLD * Td}{1000}$$

Donde:

VEL = Volumen de Lodos para Extracción (m³)

VLD = Volumen Diario de Lodos Digeridos (L/dia)

Td = Tiempo de Digestión del Lodo (días)



Reemplazando se tiene:

$$VEL = \frac{1008,08 * 30}{1000}$$

$$VEL = 30,24 m^3$$

-Área del Lecho de Secado del Lodo: se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$ALS = \frac{VEL}{HA}$$

Donde:

ALS = Área del Lecho de Secado del Lodo (m²)

VEL = Volumen de Lodos para Extracción (m³)

HA = Profundidad de Aplicación del Lodo (m)

Reemplazando se tiene:

$$ALS = \frac{30,24}{0,2}$$

$$ALS = 75,61 m^2$$

-Largo del Lecho de Secado: se calcula a partir de la siguiente ecuación

$$L = \frac{ALS}{A}$$

Donde:

L = Largo del Lecho de Secado (m)

ALS = Área del Lecho de Secado del Lodo (m²)

A = Ancho Normal del Lecho (m)

Reemplazando se tiene:



Trabajo de Grado: LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
ING. AMBIENTAL - UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

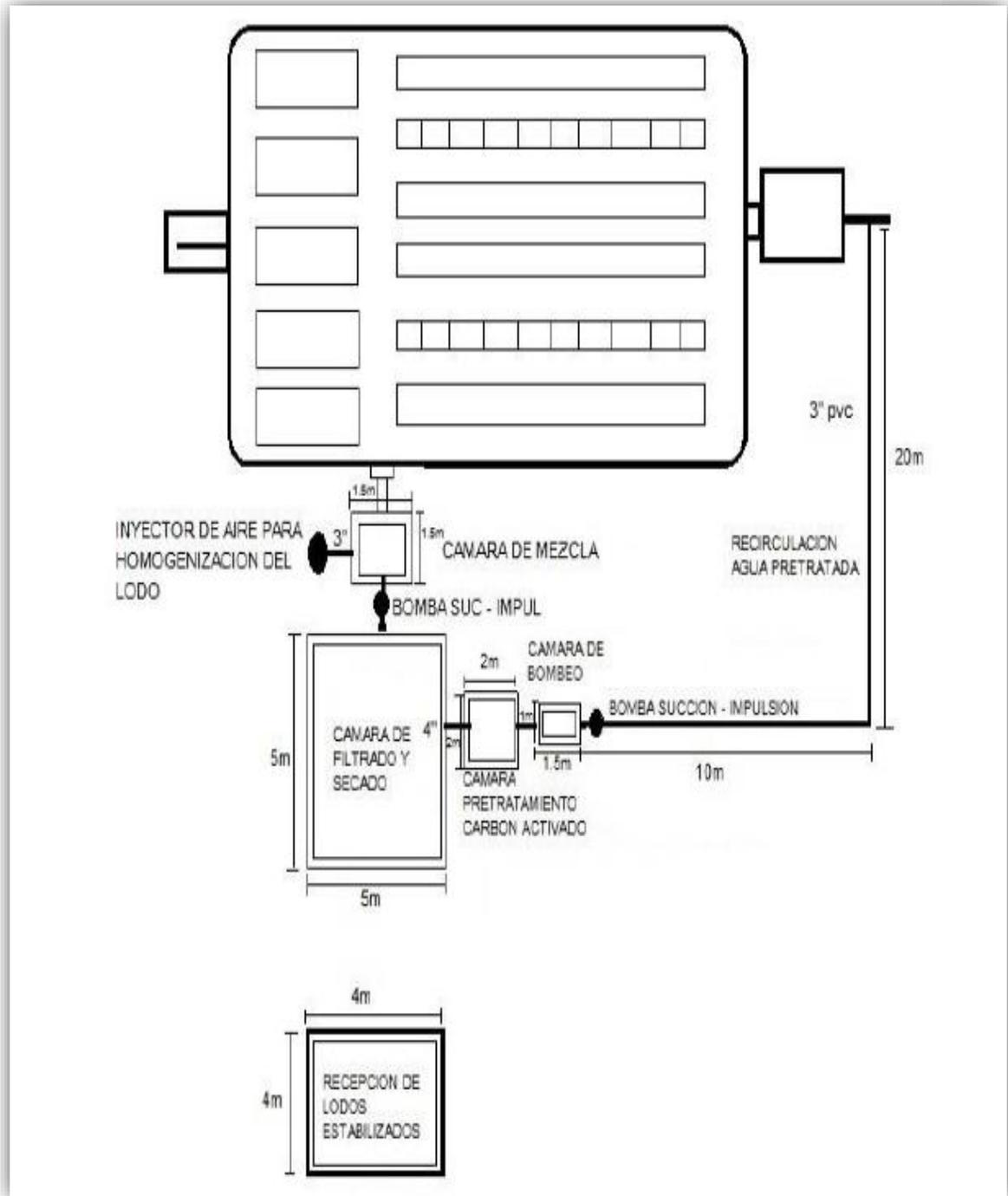
DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA – ARAUCA



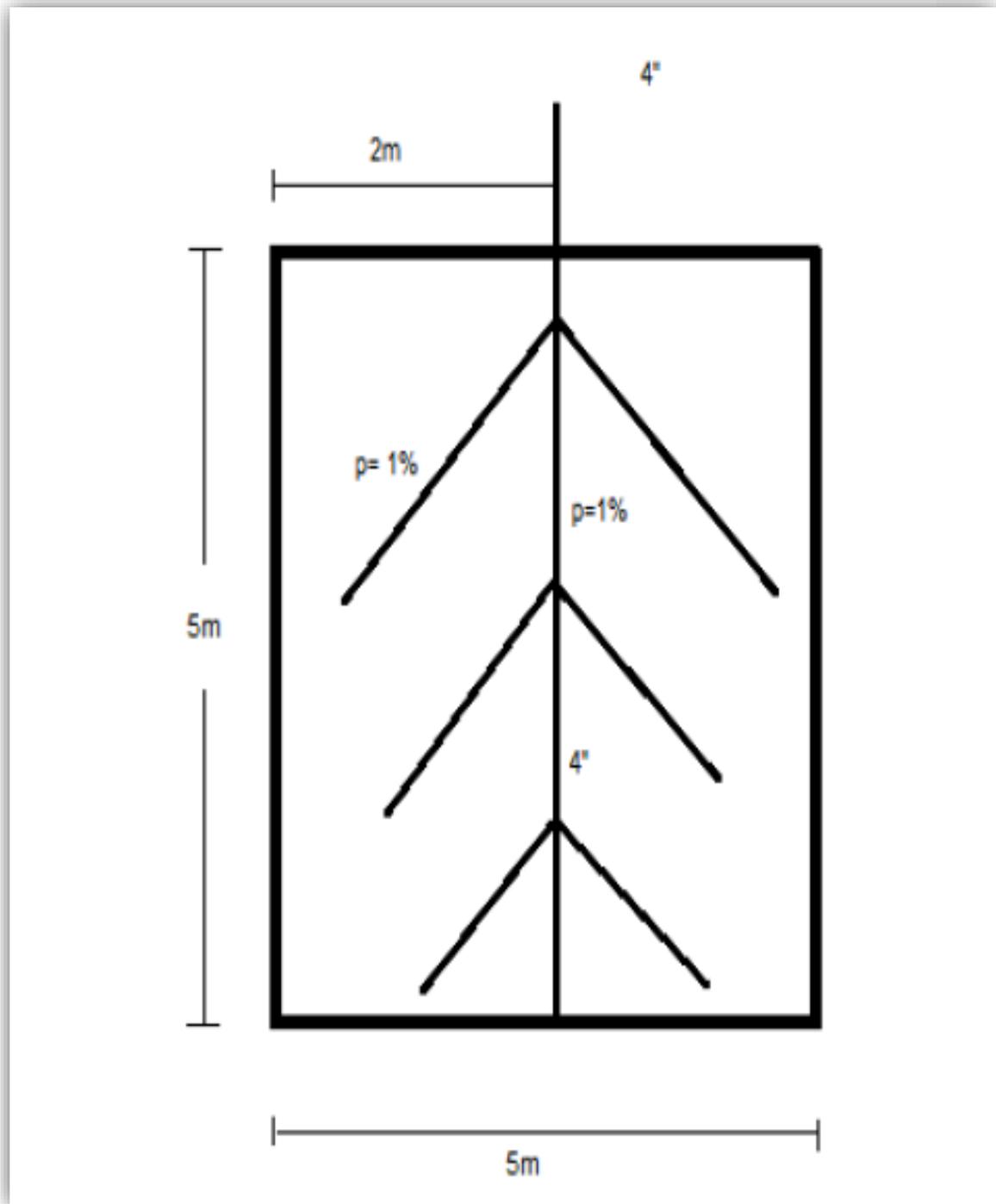
$$L = \frac{75,61}{6}$$

$$L = 12,60 \text{ m}$$

Para el caso en particular Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) del municipio de Saravena, y entre las diferentes alternativas de tratamiento de lodos se proyecta la construcción de una cámara de filtrado y secado de lodo **(Ver Planos Anexo/ 1. DISEÑO ALTERNATIVA AVANZADA PARA TRATAMIENTO DE LODOS DE ECAAAS E.S.P. - VISTA EN PLANTA; 4. PLANTA DE CAMARA DE FILTRADO Y SECADO DE LODOS)** y se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000", en su título C. Esta alternativa es viable dado al caudal que se trata o potabiliza. **(Ver Esquema 7 y 8)**



Esquema 7. Alternativa Avanzada para el Tratamiento de lodos- Vista En Planta
 Fuente: (Autor, 2017)



Esquema 8. Planta De Cámara De Filtrado Y Secado De Lodo (Lecho De Secado De Lodos)

Fuente: (Autor, 2017)



Calculo de Medio filtrante:

-Capa de Grava: según el RAS: 2000 NUMERAL E.4.10.7.3

$$CG = 0,40 m$$

-Capa de Arena: según el RAS: 2000 NUMERAL E.4.10.7.3

$$CA = 0,30 m$$

-Recolección de Percolado: según el RAS: 2000 NUMERAL E.4.10.7.3

$$RP = 4,00 Pulg$$

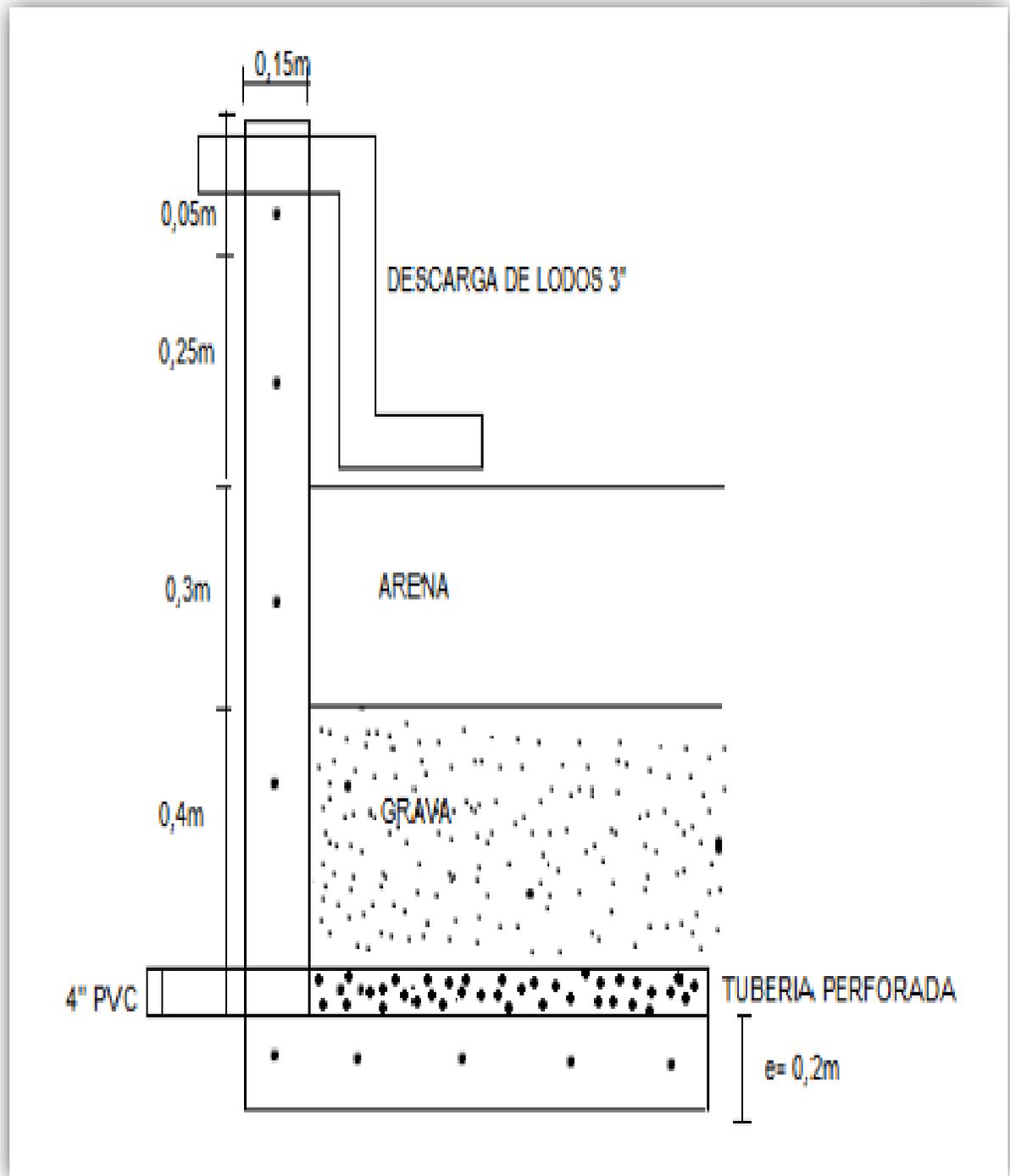
-Cubierta del Lecho: según el RAS: 2000 NUMERAL E.4.10.7.3

$$CL = 75,61 m^2$$

-Espesor de Muros: Con Refuerzo Estructural

$$e = 0,15 m$$

El filtro está compuesto por una cama de grava de 0,40 m, una cama de arena de 0.30 m en donde se instala o disponen los lodos para deshidratación y secado. **(Ver Anexo/ 5. CORTE DE LECHO DE CAMARA DE FILTRADO Y SECADO) (Ver Esquema 9) (Ver tabla 12)**



Esquema 9. Corte De Cámara De Filtrado Y Secado De Lodo (Lecho De Secado De Lodos)

Fuente: (Autor, 2017)

La descarga de los lodos se efectuará a través de tuberías de plástico de 3” y la salida del agua cruda filtrada será a través de tubería de PVC de 4”.

Tabla 12. Diseño de cámara de filtrado y secado de lodos (Lechos de secado de lodos)

MUNICIPIO DE SARAVENA - DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
DISEÑO LECHO DE SECADO DE LODOS				
DATOS INICIALES Y/O VARIABLES	VALORES	UNIDADES	OBSERVACIONES Y/O ECUACIONES DE DISEÑO	
Caudal Promedio Llaves Evacuacion	Q	1,00	L/sg	Fuente: Datos de Campo del Proyecto
Promedio Solidos Suspendidos	SST	3582,50	mg/l	Fuente: Datos de Campo del Proyecto (Laboratorio)
Densidad del Lodo	D	0,998	Kg/l	Fuente: Datos de Campo del Proyecto (Laboratorio)
% Solidos Contenidos en Lodo	%	10,00	%	Varia de 8 a 12%
Tiempo de Digestion del Lodo	Td	30,00	Dias	Ver Tabla Adjunta
Ancho Normal del Lecho	A	6,00	M	Varia de 3 a 6 m (En casos Especiales sobrepasa 10m)
Profundidad de Aplicación del Lodo	HA	0,40	M	varia de 0,2 a 0,4 m
CALCULO				
Carga de Solidos	C	309,53	Kg/dia	$C = Q * SS * 0.0864$
Masa de Solidos en el Lodo	MSD	100,60	Kg/dia	$MSD = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$
Volumen Diario de Lodos Digeridos	VLD	1008,08	L/dia	$VLD = MSD / (D * (\%Solidos/100))$
Volumen de Lodos para Extraccion	VEL	30,24	M ³	$VEL = VLD * Td / 1000$
Area del Lecho de Secado del Lodo	ALS	75,61	M ²	$ALS = VEL / HA$
Largo del Lecho de Secado	L	12,60	M	$L = ALS / A$
CALCULO DEL MEDIO FILTRANTE				
Capa de Grava	CG	0,40	M	RAS: 2000 NUMERAL E.4.10.7.3
Capa de Arena	CA	0,30	M	RAS: 2000 NUMERAL E.4.10.7.3
Recoleccion de Percolado	RP	4,00	Pulg	RAS: 2000 NUMERAL E.4.10.7.3
Cubierta del Lecho	CL	75,61	M ²	RAS: 2000 NUMERAL E.4.10.7.3
Espesor de Muros	e	0,15	M	Con Refuerzo Estructural

Fuente: (Autor, 2018)

8.5.2 CALCULO DE LAS BOMBAS PARA SUCCIÓN E IMPULSIÓN

Dentro del diseño del tratamiento avanzando de lodos se proyecta la instalación de dos bombas de succión e impulsión que tengan una potencia de 1 HP de fuerza y tubería en PVC de 3” (**Ver tabla 13**). Una bomba será la encargada de conducir el lodo homogeneizado hacia la cámara de filtrado y secado de lodos, lo otra permitirá transportar el agua pre tratada hacia la PTAP.

Especificaciones del cálculo de bombas:

-Caudal de Diseño: De las llaves de evacuación (Dato de campo)



$$Q = 0,001 \text{ m}^3 / \text{s}$$

-Diámetro de la Línea de Impulsión: Tubería en PVC de 3''

$$D = 0,08 \text{ m}$$

-Área Transversal de la Línea de Impulsión:

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * (0,04)^2$$

$$A = 0,005 \text{ m}^2$$

-Longitud de la Línea de Impulsión: Dato de diseño

$$L = 1,5 \text{ m}$$

-Velocidad en la Línea de Impulsión:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,001}{0,005}$$

$$V = 0,2 \text{ m/s}$$

-Perdidas en la Línea de Impulsión: Hazen-Williams (1905), C = 141,44
coeficiente para PVC

$$h = 10,674 * \left[\frac{Q^{1,852}}{(C^{1,852} * D^{4,871})} \right]$$

$$h = 0,00068 \text{ m/m}$$

-Altura dinámica de elevaciones: Altura estática total (Succión + Impulsión)

$$H = 1,5 \text{ m}$$

-Potencia calculada para la bomba: $\gamma = 1000$

$$P = Q * \gamma * \frac{H}{h}$$

$$P = 1 \text{ HP}$$

Tabla 13. Calculo De Las Bombas Para Succión E Impulsión

DATOS INICIALES Y/O VARIABLES	VALORES	UNIDADES	ECUACIONES DE DISEÑO
CAUDAL DE DISEÑO	0,001	m ³ /Sg	DATO DE CAMPO
DIAMETRO LINEA DE IMPULSION	0,08	m	TUBERIA PVC 3"
AREA TRANSVERSAL LINEA DE IMPULSION	0,005	m ²	$A = \pi * r^2$
LONGITUD DE LA LINEA DE IMPULSION	1,5	m	DATO DE DISEÑO
VELOCIDAD EN LA LINEA DE IMPULSION	0,2	m/Sg	$v = (Q/A)$
PERDIDAS EN LA LINEA DE IMPULSION	0,00068	m/m	$h = 10,674 * [Q^{1,852} / (C^{1,852} * D^{4,871})]$
ALTURA DINAMICA DE ELEVACIONES ATDE	1,5	m	ALTURA ESTATICA TOTAL (SUCCION + IMPULSION)
POTENCIA CALCULADA PARA LA BOMBA	1,0	HP	$P = Q * \gamma * H / h$

Fuente: (Autor, 2017)

8.5.3 DISEÑO DE CÁMARA DE PRETRATAMIENTO CON CARBÓN ACTIVADO Y DE CÁMARA DE BOMBEO

Para el Pretratamiento con carbón activado del agua cruda que paso por la cámara de filtrado y secado de lodos se plantea que sea con flujo ascendente donde este lecho retenga entre un 20% a 50% de sustancias orgánicas, gracias a su alta microporosidad, tendrá dimensiones de 2,0 m de profundidad por 2,0 m de ancho y 2,0 m de largo, contara con tubería en PVC de 3'' a la entrada, un tabique a la salida con el fin de no permitir el paso de material particulado hacía la salida del agua pretratada que se conducirá a la PTAP.

Se dice que en el ámbito del tratamiento de aguas, estos procesos se emplean para depuraciones de agua subterránea, purificaciones del caudal final de las Plantas de



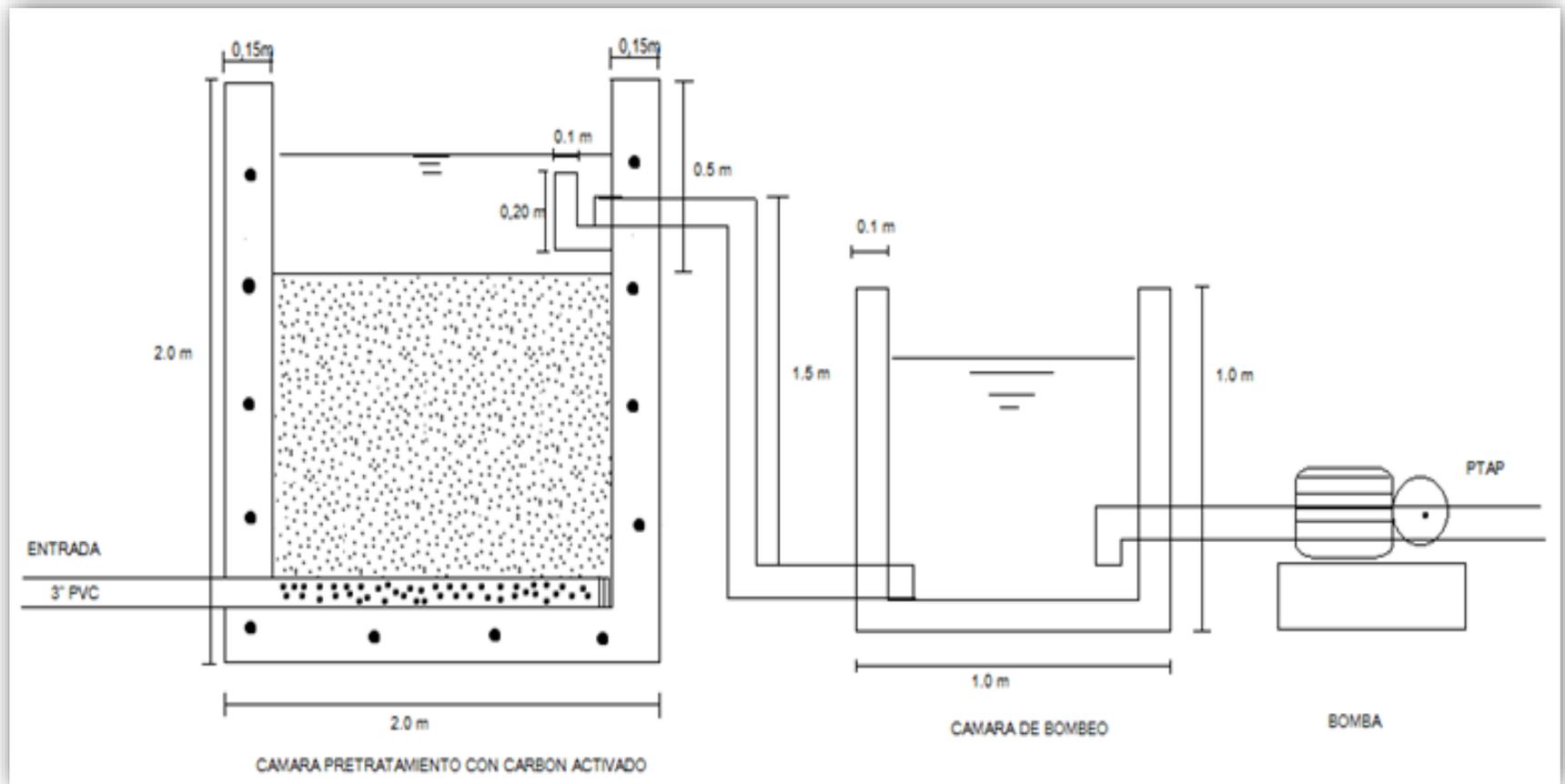
Tratamiento de Agua Potable PTAP, decoloraciones del agua, depuración de aguas para piscinas, refinamiento de las aguas residuales tratadas, etc.

El carbón activo se compone en un 75-80% de carbono y un 5-10% de cenizas. Físicamente se presenta en polvo o en grano. Existen varios tipos de carbón activo, según la materia prima, el tipo de activación y la duración del proceso de activación, pero, en cualquier caso, se caracteriza por su pequeño y homogéneo calibre y su estructura interna, formada por un gran número de poros de tamaños similares que puede alcanzar una superficie interna entre 500 y 1.500 m²/g. Estos poros se dividen según su tamaño en macro poros, con un radio mayor a 25 nm, meso poros, entre 25 y 1 nm y, micro poros, con radio inferior a 1 nm.

Los lechos de carbón activo se instalan en columnas de filtrado, con o sin presión, siendo la función desarrollada por éste la de filtrado final, en combinación con filtros de arenas, actuando como adsorbente o, individualmente, actuando como filtro mecánico y adsorbente.

La adsorción con carbón activo consiste en retirar del agua las sustancias solubles mediante el filtrado a través de un lecho de este material, consiguiéndose que los oligominerales pasen a través de los microporos, separando y reteniendo en la superficie interna de los gránulos los compuestos más pesados. (OLIVERA, 2009)

En cuanto a la cámara de bombeo tendrá dimensiones de 1,0 m de profundidad por 1,0 m de ancho y 1,0 m de largo, esta permitirá conducir el agua pretratada hacia la Planta de Tratamiento de Agua Potable con el propósito de que el agua extraída de los lodos sea reutilizada y aprovechada dando un buen manejo y uso eficiente de esta. Para tener mayor claridad **(Ver plano Anexo/ 6. DISEÑO DE CAMARA DE PRETRATAMIENTO CON CARBON ACTIVADO Y CAMARA DE BOMBEO) (Ver Esquema 10). (Ver tabla 14)**



Esquema 10. Corte De Cámara De Pretratamiento Con Carbón Activado Y Cámara De Bombeo
Fuente: (Autor, 2017)

Tabla 14. Diseño de cámara de Pretratamiento con carbón activado y bombeo

DISEÑO DE CAMARA DE PRETRATAMIENTO CON CARBON ACTIVADO	
Dimensiones	Medidas
Ancho (m)	2
Largo (m)	2
Profundidad (m)	2
Altura del carbon activado (m)	1.27
Entrada del percolado (pulg)	3
DISEÑO CAMARA DE BOMBEO	
Dimensiones	Medidas
Ancho (m)	1
Largo (m)	1.5
Profundidad (m)	1
Entrada del pretratado (pulg)	3

Fuente: (Autor, 2017)

8.5.4 ESPECIFICACIONES DEL INYECTOR DE AIRE

Se proyecta implementar un inyector de aire en la cámara de mezcla con el propósito de homogeneizar los lodos producto del lavado de la PTAP de ECAAS E.S.P. en Saravena, este tendrá las especificaciones presentadas en la **tabla 15**.

Tabla 15. Especificaciones del inyector de aire.

ESPECIFICACIONES DEL INYECTOR DE AIRE	
Lugar de origen	Jiangsu, china (continente)
Fuente de alimentación	Soplador eléctrico
Frecuency	50 Hz o 60 Hz
Protección	IP55 (aislamiento Clase F)
Nombre de la marca	GZLing
Tipo	soplador de aire
Potencia nominal	18.5 KW (50 Hz), 21.3 KW (60 Hz)
Cojinete	SNK
Material principal	Aleación de aluminio
Número de mod.	2RB 910 H37
Presion	alta presión
Tensión nominal	200-720V
Números de im	1
Estructura	De una etapa soplador

Fuente: (Microbyte Ltda, 2017)



8.6 ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS LODOS UNA VEZ SEAN TRATADOS

Actualmente existen diferentes alternativas de manejo para dar una debida disposición final a los lodos estabilizados resultantes de los procesos de tratamiento de agua potable. Conforme a la característica y el volumen de los lodos obtenidos, se puede elegir por tratamientos finales en base a incineración, aplicación al terreno, disposición en mono rellenos y co-disposición en rellenos sanitarios de residuos sólidos urbanos.

La aplicación de las alternativas tecnológicas favorables para el tratamiento o destino final de los lodos debe ser acorde con los niveles de desarrollo y recursos disponibles en la empresa ECAAAS E.S.P.

Entre las diferentes alternativas de disposición de lodos estabilizados analizados como apropiados para la zona de interés se asume que el método de disposición que más se adapta a las condiciones del lodo y de la zona es el Compostaje, ya que la empresa ECAAAS E.S.P lleva a cabo esta actividad de aprovechamiento, asimismo los requerimientos de tecnología son bajos debido a la poca cantidad de material mensual a tratar y por lo tanto no se requiere de ayudas específicas constantes como herramientas mecánicas para el volteo, con elementos como pala, mangueras y termómetro se puede iniciar el proceso, cabe también anotar que la empresa ya cuenta con dichos materiales, el operario se encuentra capacitado para realizar la actividad, tan solo se tendrá en cuenta los costos de transporte del material estabilizado al centro de aprovechamiento de residuos orgánicos de la empresa ECAAAS E.S.P.

La operación y mantenimiento del proceso de compostaje no generan escenarios agregados a las preliminares. La finalidad del compost obtenido es conseguir utilizarlo como abono, posteriormente se requerirá efectuar una caracterización al final del proceso para comprobar si los valores de los parámetros cumplen con lo establecido por la EPA para clasificar los Biosólidos en clase A o B, y con esto poder establecer en qué tipo de cultivos se puede utilizar. Este proceso debe tener el aval de CORPORINOQUIA.

La inversión económica inicial es importante y depende propiamente de minimizar requerimientos como el espacio, el transporte del lodo y la mano de obra. Otra alternativa viable puede ser disponer en relleno sanitario, como acondicionador de tierra y/o aplicación en tierra.



CONCLUSIONES

Los lodos producto del lavado de plantas de tratamiento de agua potable demandan de un tratamiento que les permita adquirir concentraciones de sólidos propicias para su disposición o aprovechamiento. De acuerdo a los tipos de lodos se pueden emplear las distintas tecnologías de tratamiento disponibles, siempre y cuando se adecuen a la alternativa viable.

La caracterización de los lodos producto del lavado de la PTAP de Saravena nos arroja un resultado positivo en cuanto a características para su posterior manejo y/o tratamiento, ya que son lodos con bajas concentraciones en metales, los contenidos de DQO y DBO₅ son indicadores de contaminación y sobrepasan los valores límites permisibles de acuerdo a la resolución 0631 del 2015.

Los métodos de deshidratación no mecánicos son factibles de ser utilizados según la disponibilidad de terreno. Se recomiendan los Lechos de Secado como el diseño realizado de la cámara de filtrado y secado ya que logran concentraciones de sólidos adecuadas para su manejo y disposición. Siendo esta la etapa de reducción y tratamiento de los lodos como un complemento fundamental para la eliminación de las descargas de estas aguas al río Satocá.

La primera etapa de tratamiento la constituye la mezcla, la cual permite homogenizar los distintos flujos de lodos producto del lavado a partir de la implementación de un inyector de aire en la cámara de mezcla. A su vez esta unidad actúa como combinador del flujo de los lodos a tratar. Posteriormente la cámara de filtrado y secado incrementa la concentración de sólidos y reduce el volumen del material, y de las unidades subsecuentes. La deshidratación permite obtener un material cuya concentración de sólidos es adecuada para su utilización en elaboración de abono o su disposición final.

En el diseño del presente proyecto, la fase líquida de los subproductos filtrados será pre tratados mediante una cámara con carbón activado donde esta agua pre tratada podrá ser recirculada a la entrada de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y/o si lo desea la empresa ECAAAS E.S.P. verterlo al Río Satocá, posterior a tramitar un permiso de vertimientos y este sea otorgado. Los lodos estabilizados podrán ser preparados para su aprovechamiento o disposición final según lo considerado por la empresa ECAAAS E.S.P.



Trabajo de Grado: LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
ING. AMBIENTAL - UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA – ARAUCA



La zona para el manejo de lodos donde se pretenda hacer la recepción de los lodos estabilizados podrá ser diseñada Y/O adecuada por la empresa ECAAAS E.S.P. de acuerdo al espacio que dispongan y manejo que se quiera dar a los lodos.



RECOMENDACIONES

Es de resaltar la importancia de obtener un manual de operación y mantenimiento que contemple la operación bajo carga mínima y máxima, la operación bajo condiciones de caudal mínimo y caudal máximo, un programa de inspección periódico, el control de insectos y crecimiento de plantas, el manejo de la torta de lodos seca, el programa de muestreos y control de muestras en el laboratorio, el control de olores, el control del lodo influente y control de las dosificaciones, como lo demanda el (RAS 2000).

Conforme al manejo final de los lodos estabilizados se recomienda elaborar un plan integral que considere aprovechar al máximo el potencial de este material, en la elaboración de abono o aplicaciones al suelo, y los residuos o material inerte de los lodos estabilizados disponerlos en un relleno.

Se debe reforzar el borde libre de la cámara de mezclado donde se evacuan actualmente los lodos, puesto que en la actividad de lavado se da un rebose del lodo, por tanto se recomienda aumentar el borde libre a unos 0,40 m y de esta manera cuando se implemente el diseño del presente proyecto no habrán dificultades al momento de homogeneizar el lodo al inyectar el aire.

La limpieza de los lechos filtrantes es mediante el contra-lavado con agua (comúnmente llamado retro-lavado), mediante el cual se ocasiona un traslado de partículas y una expansión del lecho de aproximadamente un 20%, esta limpieza permite que el tratamiento sea eficaz y que no se ocasionen inconvenientes posteriormente debido a obstrucción del material poroso.



BIBLIOGRAFÍA

- Cerón, O., Millán, S., Espejel, F., Rodríguez, A., & Ramírez, R. M. (s.f.). (2017) *Aplicación De Lodos De Plantas Potabilizadoras Para Elaborar Materiales De Construcción*. Instituto de Ingeniería UNAM, Mexico.
- Garcés Arancibia, F., Díaz Aguirre, J. C., & Dellepiane Navarro, O. M. (s.f.). (2017) *Acondicionamiento De Lodos Producidos En El Tratamiento De Agua Potable*. Chile.
- Gutiérrez, J. A., Ramírez, Á. I., Rivas, R., Linares, B., & Paredes, D. (2014). *Tratamiento De Lodos Generados En El Proceso Convencional De Potabilización De Agua*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira. Recuperado de <http://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/993/1713>
- Gutiérrez, J. A., Ramírez, Á. I., Rivas, R., Linares, B., & Paredes, D. (2014). *Tratamiento De Lodos Generados En El Proceso Convencional De Potabilización De Agua*. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v13n25/v13n25a02.pdf>
- Holguín, C. A. (2003). *Diseño De Un Espesador Por Gravedad Y Eras De Secado Para Los Lodos Producidos En La Planta De Tratamiento De Agua Potable Acueductos La Enea Ltda*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1020/1/394024.2003.pdf>
- Núñez, J. R., & Peña, M. (2011). *Recuperación De Sulfato De Aluminio A Partir De Lodos Generados En La Planta De Potabilización De La Empresa Aguas De Cartagena S.A E.S.P Y Estudio De La Viabilidad Económica De Su Reutilización Como Coagulante*. Universidad de Cartagena, Cartagena.
- Raigosa Restrepo, M. A. (2012). *Evaluación De Alternativas Para El Manejo De Lodos Provenientes De Las Plantas De Potabilización De Agua De Los Municipios Del Departamento De Risaralda Mediante El Análisis Costo-Beneficio*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Ramírez, Guillermo Andres. (2003). *Universidad Nacional De Colombia, Manizales*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1149/1/guillermoandresramirezfernandez.2003.pdf>



Sandoval Yoval, L., Motellano Palacios, L., Martín Domínguez, A., Sánchez Guzmán, L., Santana Ramírez, M. D., & Morán Plata, M. (s.f.). *Tratabilidad De Los Lodos Producidos En La Potabilización Del Agua*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

Toro Carrasco, F. C. (2005). *Áreas Potenciales Para La Aplicación De Biosólidos En Plantaciones Forestales De La Vi Región De Chile*. Universidad De Chile, Chile.

Torres, P., Hernández, D., & Paredes, D. (2012). *Uso Productivo De Lodos De Plantas De Tratamiento De Agua Potable En La Fabricación De Ladrillos Cerámicos*. Universidad del Valle y Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/ric/v27n3/art03.pdf>

Aguasistec S.A.C. (2017). *Estructuras Y Sistemas De Ingenieria En Las Que Se Trata El Agua De Manera Que Se Vuelva Apta Para El Consumo Humano*. Lima-Peru. Recuperado de <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>

Cacua, C., & Saravia, D. (2008). *Diseño Conceptual Del Proceso De Tratamiento De Lodos Para La Planta Bosconia Del A.M.B S.A E.S P*. Universidad Industrial De Santander, Bucaramanga. Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6349/2/125711.pdf>

Corral, M., & Vergara, E. (2005). *Tratamiento De Lodos*. Universidad de La Rioja, Mexico. Recuperado de http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_lodos.htm

Sandoval Yoval Luciano, M. P. (2017). *Tratabilidad De Los Lodos Producidos En La Potabilización Del Agua*. Mexico. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/peru/mexapa045.pdf>

ECAAAS E.S.P. (2017). *Descripción Del Sistema De Acueducto Del Municipio De Saravena-Arauca*. Empresa Comunitaria de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Saravena. Saravena - Arauca.

Muñoz, E. Y Martínez R., (2001). *Rellenos Sanitarios*. Recuperado de <http://cipres.cec.uchile.cl/~edmunoz/rs2.html>



ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2005). *Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización*. Recuperado de <http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/documentos-tecnicos/Guia%20para%20el%20Diseno%20de%20Tanque%20septico-%20Tanque%20Imhoff%20y%20Lagunas%20de%20estabilizacion.pdf/view>

Metcalf Y Eddy. (2014). *Tratamiento, Evacuación y Reutilización de aguas residuales*. Ingeniería Sanitaria.

J. Suárez, A. Jácome. (2007). *Espesamiento De Lodos De Estaciones Depuradoras De Aguas. Tratamientos Avanzados De Depuración*. Master En Ingeniería Del Agua. Universidad De Coruña

DirectIndustry. (2007). *Espesadores De Lodos. Tratamiento De Lodos*. España

STC. (2007). *El Proceso Stc De Secado Térmico A Baja Temperatura. Tratamiento De Lodos*. España. Recuperado de: http://www.secadolodos.com/620000_es/

Siwa Technology. (2017). *Filtro de prensa. Fabricación de equipos para tratamiento de efluentes*. Recuperado de: http://siwatechnology.com/siwa_compania.php

Degrémont S.A.S. (2012). *Filtro de banda. Fichas Técnicas Manual Técnico del Agua*. Recuperado de: <http://www.degremont.es/es/images/pdf/06-feuillet-memento-degremont-es-n-6%20-dehydris%20twist.pdf>

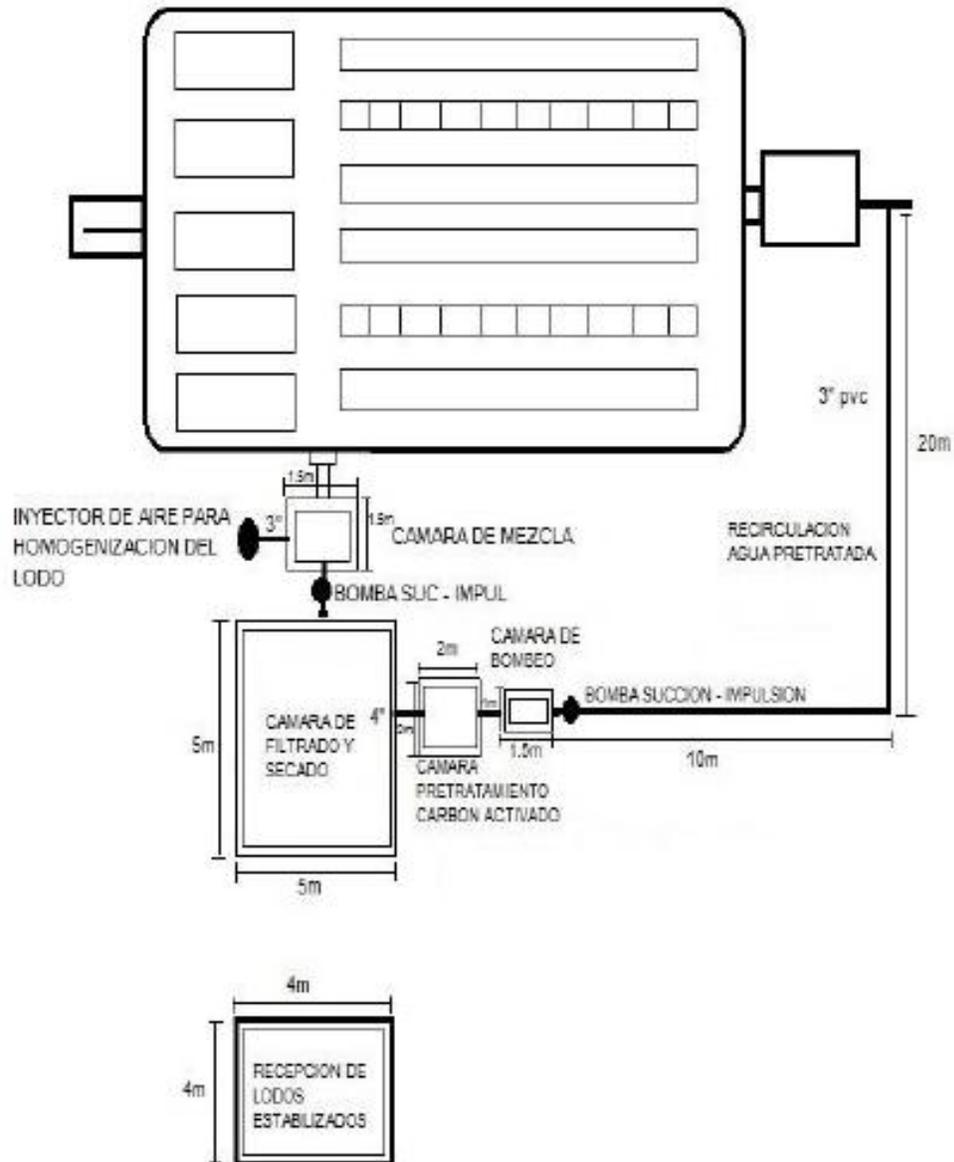
Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). *Título E - Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. República de Colombia

Olivera. (2009). *Métodos de purificación y Tratamiento de agua. Tratamiento de agua por Carbón Activado*. Recuperado de <http://agua-purificacion.blogspot.com.co/2009/12/tratamiento-de-agua-por-carbon-activado.html>

Microbyte Ltda. (2017). *Soplador de aire. Sopladores eléctricos de alta presión*. Sucre 2235 - Ñuñoa - Santiago – Chile. Recuperado de <http://www.emb.cl/electroindustria/contacto.mvc>

ANEXOS

Anexo 1. DISEÑO ALTERNATIVA PARA TRATAMIENTO DE LODOS DE ECAAAS E.S.P. - VISTA EN PLANTA





Anexo 2. CUANTIFICACIÓN DE LOS LODOS GENERADOS A PARTIR DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE ECAAAS E.S.P

Medición volumétrica del lodo que pasa a través de la tubería de evacuación durante todo el tiempo de lavado, por intervalos de tiempo.

Lamina de agua de tubo					
TIEMPO (min)	MEDIDA TUBO (cm)	DIFERENCIA	ALTURA LAM LODO	VOLUMEN m ³	CAUDAL m ³ /s
30	40.64	0	40.64	383.0	0.21
2	40.64	12	28.64	269.9	2.25
2	40.64	15	25.64	241.7	2.01
8	40.64	0	40.64	383.0	0.80
2	40.64	18	22.64	213.4	1.78
2	40.64	20	20.64	194.5	1.62
6	40.64	0	40.64	383.0	1.06
2	40.64	10	30.64	288.8	2.41
2	40.64	13	27.64	260.5	2.17
2	40.64	20	20.64	194.5	1.62
2	40.64	30	10.64	100.3	0.84
4	40.64	0	40.64	383.0	1.60
2	40.64	10	30.64	288.8	2.41
2	40.64	18	22.64	213.4	1.78
2	40.64	30	10.64	100.3	0.84
2	40.64	32	8.64	81.4	0.68
72	tiempo de lavado		volumen prom	248.7	0.06

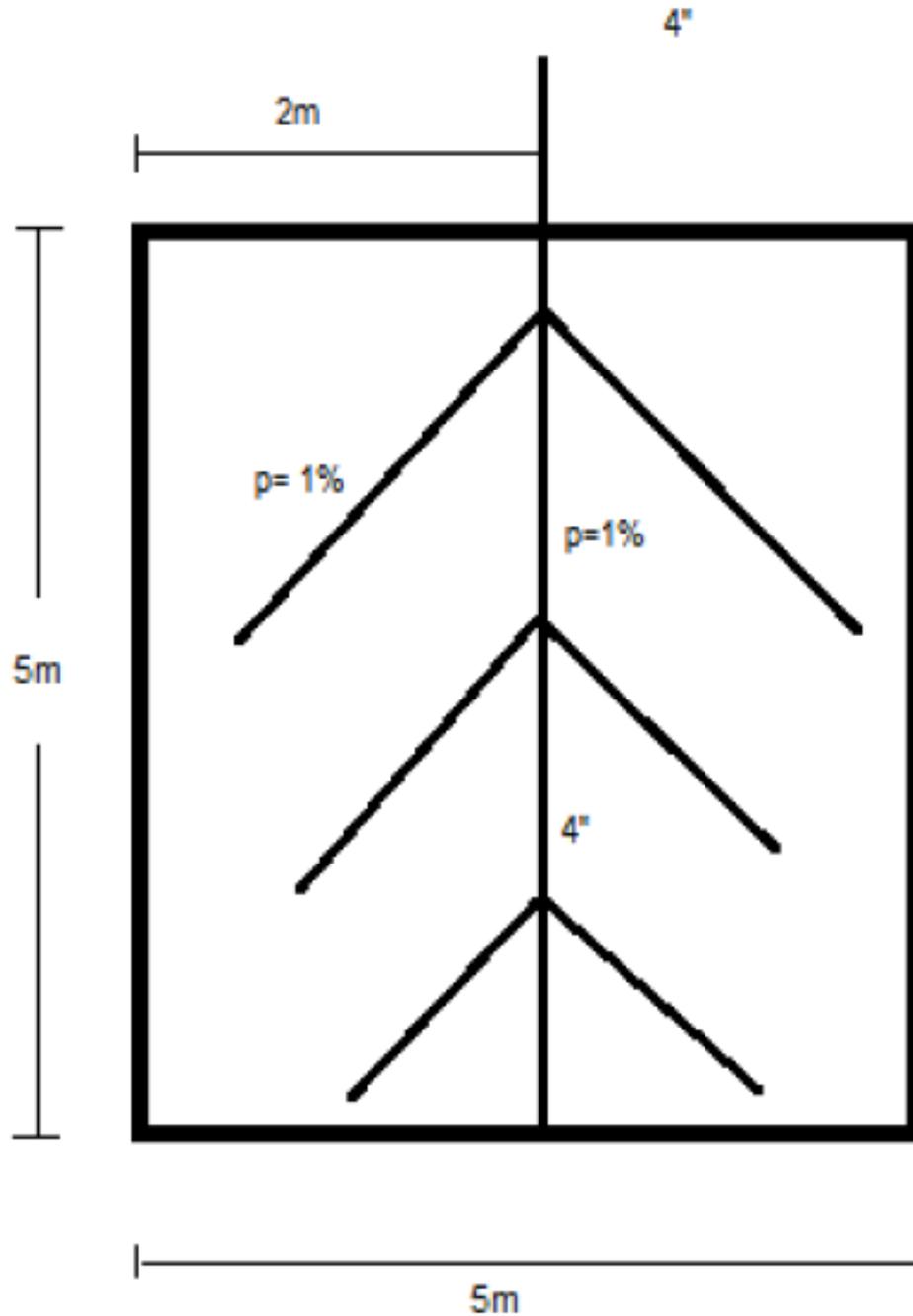
Fuente: (Autor, 2017)

Características generales de los trenes de floculación-sedimentación-filtración y cantidad de lodos evacuados durante el mes de abril

Características generales de los trenes de floculación-sedimentación-filtración y lodos evacuados durante el lavado de la PTAP en el mes de abril		
cámaras del floculador		
área transversal útil	m ²	11.07
ancho	m	1.05
volumen total en las 12 cámaras por cada módulo	m ³	139.48
caudal máximo en los dos módulos	l/s	185.97
sedimentadores formado por 4 módulos existentes		
canaletas de recolección para salida por cada modulo	m	28.8
caudal máximo total	l/s	230.4
batería de 5 filtros rápidos descendentes		
área cada uno	m ²	14.28
tasa de filtración	m ³ /m ² /día	200
caudal máximo total	l/s	165
Medidas camara de mezcla		
ancho	m	1.64
largo	m	2
profundidad	m	1.57
lodo evacuado en abril		
Caudal Promedio Llaves Evacuacion	l/s	1
volumen total de lodo evacuado durante lavado	m ³	248.72

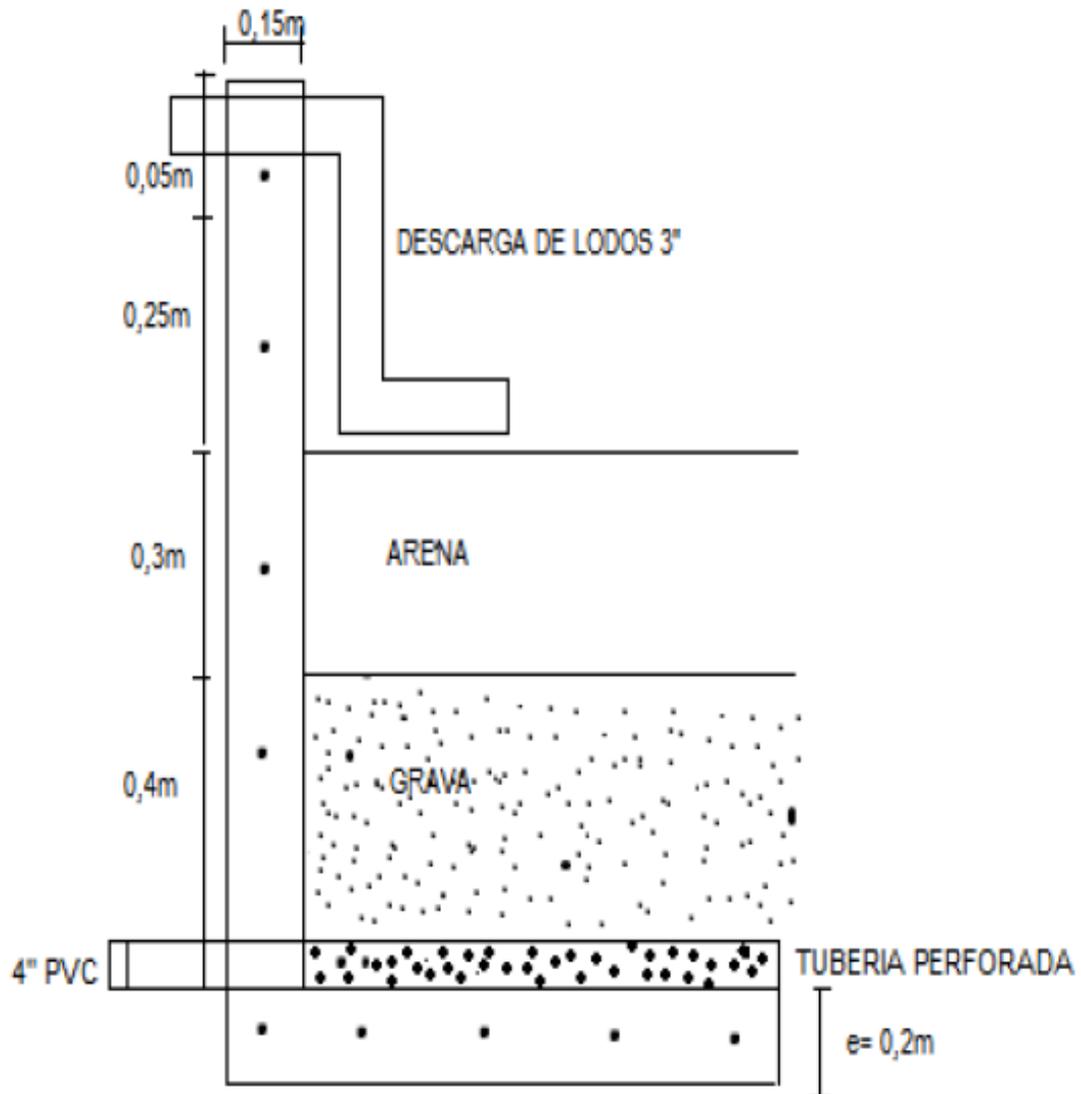
Fuente: (Autor, 2017)

Anexo 3. PLANTA DE CAMARA DE FILTRADO Y SECADO DE LODOS



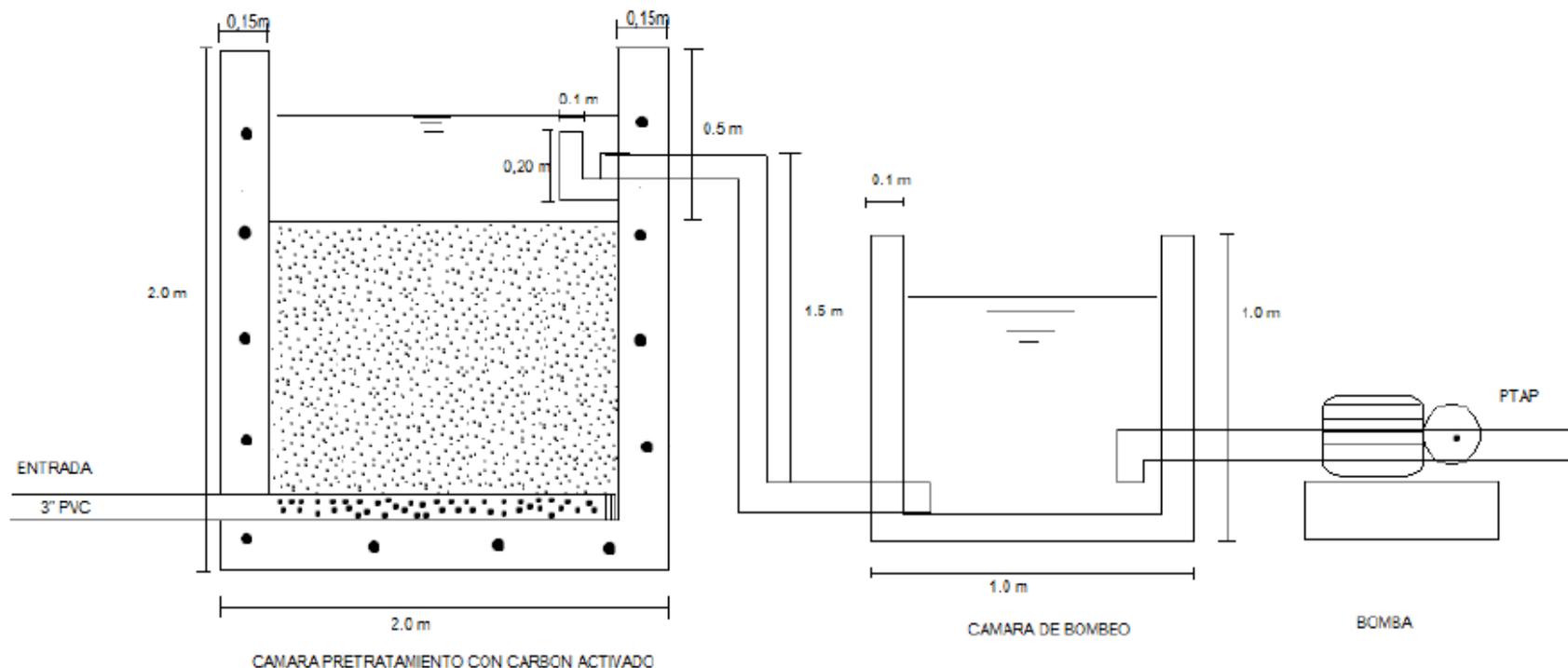
Fuente: (Autor, 2017)

Anexo 4. CORTE DE LECHO DE CAMARA DE FILTRADO Y SECADO



Fuente: (Autor, 2017)

Anexo 5. DISEÑO DE CAMARA DE PRETRATAMIENTO CON CARBON ACTIVADO Y CAMARA DE BOMBEO



Fuente: (Autor, 2017)

Anexo 6. RESULTADOS SIAMA LTDA. DE LODO DEL LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVERENA
Muestra tomada el 18 de mayo de 2017



SERVICIOS INTEGRADOS
PARA LA INDUSTRIA DEL AGRO,
MINERO-ENERGETICA Y
EL MEDIO AMBIENTE
NIT: 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 9 de junio de 2017		No. 124002	
Solicitante: ECAAAS E.S.P		Tipo de muestra: Agua	
Dirección: CALLE 30 No. 15 30 SARAVERENA ARAUCA		Identificación: MUESTRA DE LODO DEL LAVADO DE LA PLANTA	
Teléfono: 8892028-8892058-8891191 EXT 106-3204544390-3142902669		Descripción: Agua Residual no Domestica	
Lugar de muestreo: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVERENA		Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de muestreo: 18 de mayo de 2017		Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de recepción: 19 de mayo de 2017		Tamaño de la muestra: 7000 ml	
Fecha de análisis: 19 de mayo al 8 de junio de 2017		Envase o empaque: Plástico	
Análisis solicitado: Físicoquímico		Plan de muestreo: //	
Condiciones de la muestra: Refrigeradas		Tipo de muestreo: Compuesto	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
pH (25 °C)	SM 4500 H B	6,60	Unid. pH
*CLORUROS	SM 4500-CI B	7,5	mg Cl/L
*DQO	SM 5220 C	1317	mg O ₂ /L
*DBO ₅	SM 5210 B ASTM D888-12 Método C	469	mg O ₂ /L
*SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	400	ml/L
*SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	4660	mg/L
*SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	4485	mg/L
*HIERRO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	19,2	mg Fe/L
*MANGANESO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	0,54	mg Mn/L
*MERCURIO TOTAL	SM 3112 B	< 0,0005	mg Hg/L
*ALUMINIO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 D	176	mg Al/L
***FLUORUROS (VER ANEXO)	SM 4500 F - B,C	< 0,1	mg F/L

* Variables realizadas en SIAMA LTDA. acreditadas por IDEAM Resolución 0833/2016, Ext. Resolución 0805/2017

*** Variables subcontratadas con laboratorio acreditado

OBSERVACIONES: SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA LTDA.

Nota: la muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA LTDA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Elaboró: ERIKA YURLEY CÉSPEDES MENDOZA
COORDINADORA DE FÍSICOQUÍMICA
QUÍMICA AMBIENTAL PQAmb-034

Revisó: SERGIO ALEXANDER ROJAS SERRANO
DIRECTOR DE FÍSICOQUÍMICA
ING. BIOTECNOLÓGICO

Código	R-051	Versión	0.1	Fecha	22/05/2009	Página	1 de 1
--------	-------	---------	-----	-------	------------	--------	--------

Carrera 24 No. 36 - 11 Tels: (7) 6348000 - (7) 6348800 - 3187070821 Bucaramanga - Colombia
web: www.siamaltda.com - e-mail: info@siamaltda.com



SERVICIOS INTEGRADOS
PARA LA INDUSTRIA DEL AGRO,
MINERO-ENERGETICA Y
EL MEDIO AMBIENTE
NIT: 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 1 de junio de 2017	No. 124003
Solicitante: ECAAAS E.S.P	Tipo de muestra: Agua
Dirección: Calle 30 No. 15 – 30 Saravena Arauca	Identificación: MUESTRA DE LODO DEL LAVADO DE LA PLANTA
Teléfono: 8892028 – 8892058 – 8891191 EXT 106 – 3204544390 – 3142902669	Descripción: Agua residual no domestica
Lugar de muestreo: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA	Responsable de muestreo: Solicitante
Fecha de muestreo: 18 de mayo de 2017	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Fecha de recepción: 19 de mayo de 2017	Tamaño de la muestra: 400 mL
Fecha de análisis: 19 – 21 de mayo de 2017	Envase o empaque: Vidrio
Análisis solicitado: Microbiológico	Lote: //
Condiciones de la muestra: Adecuadas	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
*COLIFORMES TOTALES	St. Mth. 9221 B	7000 NMP / 100 mL	
*COLIFORMES FECALES	St. Mth. 9223 B	7000 NMP / 100 mL	
<i>Escherichia coli</i>	St. Mth. 9223 B	930 NMP / 100 mL	

St Mth: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, ED 22

* Parámetros realizados en SIAMA LTDA acreditados por IDEAM según Res. No 0172 del 01 de febrero de 2017

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Nota: La muestra ha sido proporcionada por el solicitante, por lo tanto SIAMA LTDA no es responsable del origen o fuente donde se ha extraído dicha muestra.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Brayan Villamizar

Elaboró: BRAYAN VILLAMIZAR P.
COORDINADOR MICROBIOLOGIA
MICROBIOLOGO REG.FOLIO 799 13-L

SANDRA PINZON RUEDA

Revisó: SANDRA PINZON RUEDA
DIRECTORA MICROBIOLOGIA
MICROBIOLOGA REG. 47708 FOLIO 177

Código: R – 051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1

Carrera 24 No. 36 - 11 Tels: (7) 6348000 - (7) 6348800 - 3187070821 Bucaramanga - Colombia
web: www.siamaltda.com - e-mail: info@siamaltda.com



Muestra tomada el 21 de diciembre de 2017



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 16 de enero de 2018		No. 137548
Solicitante: ECAAAS E.S.P	Tipo de muestra: Lodo	
Dirección: CALLE 30 No. 15 30 SARAVENA ARAUCA	Identificación: MUESTRA 1	
8892028-8892058-8891191 EXT 106-3204544390-		
Teléfono: 3142902669	Descripción: Lodo	
Lugar de muestreo: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA	Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de muestreo: 21 de diciembre de 2017	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de recepción: 22 de diciembre de 2017	Tamaño de la muestra: 7000 ml	
Fecha de análisis: 22 de diciembre de 2017 al 16 de enero de 2018	Envase o empaque: Plástico	
Análisis solicitado: Físicoquímico	Plan de muestreo: //	
Condiciones de la muestra: Refrigeradas	Tipo de muestreo: Compuesto	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
pH (25 °C)	SM 4500 H ⁺ B	6,53	Unid. pH
CLORUROS	SM 4500-Cl ⁻ B	< 2,0	mg Cl/L
DQO	SM 5220 C	872	mg O ₂ /L
DBO ₅	SM 5210 B	278	mg O ₂ /L
	ASTM D888-12 Método C		
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	900	ml/L
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2720	mg/L
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	2680	mg/L
HIERRO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	28,2	mg Fe/L
MANGANESO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	0,31	mg Mn/L
MERCURIO TOTAL	SM 3112 B	< 0,0005	mg Hg/L
ALUMINIO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 D	119	mg Al/L
DENSIDAD	Gravimétrico	0,9979	g/mL
***FLUORUROS (VER ANEXO)	SM 4500 F - B,C	< 0,1	mg F/L

* Variables realizadas en SIAMA LTDA. acreditadas por IDEAM Resolución 0833/2016, Ext. Resolución 0805/2017

*** Variables subcontratadas con laboratorio acreditado

OBSERVACIONES: SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA LTDA.

Nota: la muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA LTDA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Elaboró: ERIKA YURLEY CÉSPEDES MENDOZA
 COORDINADORA DE FÍSICOQUÍMICA
 QUÍMICA AMBIENTAL PQAmb-034

Revisó: SERGIO ALEXANDER ROJAS SERRANO
 DIRECTOR DE FÍSICOQUÍMICA
 ING. BIOTECNOLÓGICO

Código	R-051	Versión	0.1	Fecha	22/05/2009	Página	1 de 1
--------	-------	---------	-----	-------	------------	--------	--------



Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero-Energética y el Medio Ambiente.

www.siamaltda.com



Trabajo de Grado: LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
ING. AMBIENTAL - UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA – ARAUCA



FOR 04 050, Version N°.12/2016-07-29



INSTITUTO DE HIDROLOGIA
METEOROLOGIA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES
Laboratorio acreditado: NTC/ISO/IEC 17025
Res. No. 2016 de 2014 y 1226 de 2016

RESULTADOS DE ANÁLISIS

R 42174

Empresa: SIAMA LTDA
Nit: 804.016.152-8
Dirección: Cra. 24 N° 36 - 11
Solicitado por: Erika Y. Céspedes Mendoza
Telefono: (7) 6348000 Ext: 108
Celular: --
E-mail: comercial@siamalta.com
Orden de Servicio: 21146

Fecha Recepción: 2017-12-26
Fecha de Emisión de Resultados: 2018-01-13
Fecha de Muestreo: 2017-12-23
Muestreo a Cargo de: CLIENTE
Plan de muestreo: No Reporta
Procedimiento de muestreo: No Reporta
Número total de muestras: 1
Lugar de Muestreo: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de Muestra: ARI(X) ARD() ARnD() AN() AP() AM() S() AX()

Reporte de Resultados						
Item	Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación del método	Unidad
1	2018-01-03	Fluoruros*	SM 4500 F- B,C	Electrometría	0,1	mg F-/L
						137548
						MUESTRA 1 LODO LIQUIDO
						MI64904
						<0,1

ARI: Agua Residual Industrial, ARD: Agua Residual Doméstica, ARnD: Agua Residual no Doméstica, AN: Agua Superficial o Subterránea, AP: Agua Potable, S: Suelo, AM: Agua Marina, AX: Otros
*ChemiLab tiene estos parámetros acreditados mediante resolución 2016 de 2014 y 1226 de 2016 del IDEAM.

** Análisis realizados por laboratorio subcontratado acreditado

(P) PICCAP

Parámetro no acreditado

OBSERVACIONES ANALITICAS

NINGUNA

Observaciones: Métodos de Análisis aplicados según el Laboratorio de Suelos IGAC y US-EPA (aplica para suelos)
Métodos de Análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (aplica para aguas)
Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización previa de ChemiLab S.A.S


YENNI LIZBETH VARGAS SANCHEZ
Coordinador de Reportes
PQA-384

** FIN DE ESTE REPORTE **

- 6

CHEMILAB S.A.S
Telefax: (571) 6702853

Página 1 de 1
CARRERA 21 N° 195-50, Bodega 6 y 7 B. Canalma
BOGOTÁ D.C.



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 28 de diciembre de 2017	No. 137549
Solicitante: ECAAAS E.S.P	Tipo de muestra: Lodo
Dirección: Calle 30 No. 15 – 30 Saravena Arauca	Identificación: MUESTRA # 1
Teléfono: 8892028 – 8892058 – 8891191 EXT 106 – 3204544390 – 3142902669	Descripción: //
Lugar de muestreo: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA	Responsable de muestreo: Solicitante
Fecha de muestreo: 21 de diciembre de 2017	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Fecha de recepción: 22 de diciembre de 2017	Tamaño de la muestra: 1 Litro
Fecha de análisis: 22 - 23 de diciembre de 2017	Envase o empaque: Vidrio
Análisis solicitado: Microbiológico	
Condiciones de la muestra: Adecuadas	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
COLIFORMES TOTALES	NTC 4458	26 x 10 UFC / g de Biosólido	
COLIFORMES FECALES	NTC 4458	8 x 10 UFC / g de Biosólido	
<i>Escherichia coli</i>	NTC 4458	1 x 10 UFC / g de Biosólido	

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Nota: La muestra ha sido proporcionada por el solicitante, por lo tanto SIAMA LTDA no es responsable del origen o fuente donde se ha extraído dicha muestra.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Brayan Villamizar

SANDRA PINZON RUEDA

Elaboró: BRAYAN VILLAMIZAR
 COORDINADOR MICROBIOLOGIA
 MICROBIOLOGO REG.FOLIO 799 13-L

Revisó: SANDRA PINZON RUEDA
 DIRECTOR MICROBIOLOGIA
 MICROBIOLOGA REG. 47708 FOLIO 177

Código: R – 051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1



Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero-Energética y el Medio Ambiente.

www.siamaltda.com

Carrera 24 No. 36-11. Teléfonos +57 7 6348000 Celular 318-7070821 Bucaramanga - Colombia. info@siamaltda.com



Trabajo de Grado: LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
ING. AMBIENTAL - UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA - ARAUCA



Anexo 7. ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE MUESTRA DE LODO DE LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES MUNICIPIO DE SARAVENA-ARAUCA (18 MAYO) – ECAAAS E.S.P

**EMPRESA COMUNITARIA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y
ASEO DE SARAVENA ECAAAS E.S.P.**

**ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE
MUESTRA DE LODO DE LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS POTABLES MUNICIPIO DE SARAVENA-ARAUCA (18 MAYO)**


EMILCE DUEÑEZ PRIETO
Coordinadora AA
ECAAAS-ESP

1



1. ALCANCE DEL TRABAJO

El alcance establecido para este trabajo es el de la caracterización físico-química y microbiológica de muestra de lodos de lavado de la planta de tratamiento de agua potable, donde las muestras fueron tomadas el 18 de mayo del año 2017. En el estudio se determinaron los siguientes parámetros de: pH, cloruros, DQO, DBO₅, sólidos sedimentables. Sólidos totales, sólidos suspendidos totales, hierro total, mercurio total, aluminio total, fluoruros, coliformes fecales, coliformes totales, Escherichia Coli.

Este proceso se realizó en muestras de lodo de la planta de agua potable, para la caracterización del lodo producto del lavado de los floculadores, sedimentados, filtros de la planta de tratamiento de agua potable.



2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de muestra de lodo producto del lavado de floculadores, sedimentadores, y filtros de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Saravena

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar en laboratorio los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de muestras de lodo del lavado floculadores sedimentadores, y filtros, de la planta de tratamiento de agua potable.

Evaluar con base en la caracterización realizada y en las normas nacionales vigentes el cumplimiento del paramento de la caracterización de lodos producto de lavado de planta de tratamiento de agua potable.

3. METODOLOGÍA

3.1. PUNTO MONITOREADO

El punto monitoreado fue Planta de tratamiento de agua potable el municipio de Saravena. Anexo B se presenta un mapa que ilustra gráficamente la ubicación del punto de muestreo.

Cuadro 1: puntos monitoreados

N° de punto	Punto monitoreado
1	Planta de tratamiento de agua potable municipio de Saravena.

Fuente: ECAAAS-ESP



Fuente: Google maps.



3.2. Toma de muestras

3.2.1. Muestreo

Para la toma de las muestras a analizar se usó el método compuesto

Trabajo de campo

El trabajo de campo del punto presentado se efectuó el 18 de mayo de 2017. Posteriormente se procedió a hacer la recolección de las muestras.

Los recipientes se marcaron a medida que se recolectó la muestra incluyendo en la etiqueta la siguiente información:

- Fecha de la toma de muestra.
- Número y nombre del punto.
- Preservación realizada.
- Solicitante

Las muestras fueron enviadas el mismo día. Los análisis fueron realizados por el laboratorio de Servicios integrados para la industria de Alimentos y el medio ambiente – SIAMA LTDA, el cual cuenta con certificación ISO 9001 acreditado por el IDEAM.

4. RESULTADOS PUNTOS MONITOREADOS

4.1. Pruebas fisicoquímicas

Los resultados generados se deslindan en dos grupos. El cuadro número 3 muestra el resumen de los resultados (Anexo A) asociados a las pruebas fisicoquímicas del punto de muestreo.

Cuadro 3: Resultados puntos de muestreo-fisicoquímicos.

VARIABLE	METODO	UND	RESULTADO PUNTO MONITOREADO
			MUESTRA DE LODOS DE LAVADO DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE
pH (25 C)	St. Mth. 4500 H + B	Unid. pH	6,60
CLORUROS	SM 4500-Cl ⁻ B	Mg Cl ⁻ /L	7,5
DQO	SM 5220 C	Mg O ₂ /L	1317
DBO ₅	SM 5210 b ASTM D888-12 Método C	Mg O ₂ /L	469
SOLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	Ml/L	400
SOLIDOS TOTALES	SM 2540 B	mg/L	4660
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	Mg/L	4485
HIERRO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	Mg Fe/L	19,2
MANGANESO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	Mg Mn/L	0,54
MERCURIO TOTAL	SM 3112 B	Mg Hg/L	<0,0005
ALUMINIO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 D	mg Al/L	176
FLORUROS	SM 4500 F-B,C	mg F ⁻ /L	<0,1

Fuente: SIAMA LTDA



4.2. Pruebas Microbiológicas

Ahora bien, para los resultados microbiológicos, presentados en el Anexo A, se muestra el resumen de los mismos en el cuadro número 4.

Cuadro 4: Resultados puntos de muestreo-Microbiológicos.

VARIABLE	METODO	RESULTADO PUNTO MONITOREADO
		INICIO DE RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
COLIFORMES TOTALES	St. Mth. 9221 B	7000 UFC / 100 ml
COLIFORMES FECALES	St. Mth 9223 B	7000 MNP / 100 ml
Escherichia coli	St. Mth. 9223 B	930 UFC / 100 ml

Fuente: SIAMA LTDA



Trabajo de Grado: LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
ING. AMBIENTAL - UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA - ARAUCA



ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE MUESTRA DE LODO DE LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES MUNICIPIO DE SARAVENA-ARAUCA (21 DICIEMBRE) – ECAAAS E.S.P

EMPRESA COMUNITARIA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE SARAVENA ECAAAS E.S.P.

ANALISIS Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL MONITOREO DE LA MUESTRA DE LODO DE LAVADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES MUNICIPIO DE SARAVENA-ARAUCA (21 DICIEMBRE 2017)

LIBARDO MARTINEZ VANEGAS
Jefe Técnico Operativo, Planeación Y Operación
ECAAAS-ESP



1. ALCANCE DEL TRABAJO

El alcance establecido para este trabajo es el de la caracterización físico-química y microbiológica de muestra de lodos de lavado de la planta de tratamiento de agua potable, donde las muestras fueron tomadas el 21 de diciembre del año 2017. En el estudio se determinaron los siguientes parámetros de: PH, Cloruros, DQO, DBO₅, Sólidos sedimentables, Solidos totales, Solidos suspendidos totales, Hierro total, Mercurio total, Manganeso total, Aluminio total, Densidad, Fluoruros, coliformes fecales, coliformes totales, Escherichia coli.

Este proceso se realizó en muestras de lodo de la planta de agua potable, para la caracterización del lodo producto del lavado de los floculadores, sedimentados, filtros de la planta de tratamiento de agua potable.



2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de muestra de lodo producto del lavado de floculadores, sedimentadores y filtros de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Saravena.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1. Determinar en laboratorio los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de muestras de lodo del lavado floculadores sedimentadores y filtros de la planta de tratamiento de agua potable.

2.2.2. Evaluar con base en la caracterización realizada y en las normas nacionales vigentes el cumplimiento del parámetro de la caracterización de lodos producto de lavado de planta de tratamiento de agua potable.



3. METODOLOGÍA

3.1. PUNTO MONITOREADO

El punto monitoreado fue Planta de tratamiento de agua potable del municipio de Saravena. Anexo B se presenta un mapa que ilustra gráficamente la ubicación del punto de muestreo.

Cuadro 1: puntos monitoreados

N° de punto	Punto monitoreado
1	Planta de tratamiento de agua potable municipio de Saravena.

Fuente: ECAAAS-ESP



Fuente: Google masp.

3.2. TOMA DE MUESTRAS

3.2.1. Muestreo

Para la toma de las muestras a analizar se usó el método puntual y compuesto

3.2.3 Trabajo de campo

El trabajo de campo del punto presentado se efectuó el 21 de diciembre de 2017 Posteriormente se procedió a hacer la recolección de las muestras.

Los recipientes se marcaron a medida que se recolecto la muestra incluyendo en la etiqueta la siguiente información:

- Fecha de la toma de muestra.
- Número y nombre del punto.
- Preservación realizada.
- Solicitante

Las muestras fueron enviadas el mismo día. Los análisis fueron realizados por el laboratorio de Servicios integrados para la industria de Alimentos y el medio ambiente – SIAMA LTDA, el cual cuenta con certificación ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001, NORSOK S-006, acreditado por el IDEAM, MINSALUD, IQNET, ICA.

4. RESULTADOS PUNTOS MONITOREADOS

4.1. Pruebas fisicoquímicas

Los resultados generados se deslindan en dos grupos. El cuadro número 3 muestra el resumen de los resultados (Anexo A) asociados a las pruebas fisicoquímicas del punto de muestreo.

Cuadro 3: Resultados y evaluación puntos de muestreo-fisicoquímicos.

CARACTERIZACION MUESTRA DE LODO 21 DICIEMBRE 2017				
PARAMETROS	METODO	UNIDADES	RESULTADO	Valor exigido R. 0631/15 según: con una carga mayor a 625.00 kg/día y menor o igual a 3000,00 kg/día de DBO ₅
pH (25 C)	SM 4500 H ⁺ B	Unid. pH	6,53	6,00 a 9,00
CLORUROS	SM 4500-Cl ⁻ B	Mg Cl ⁻ /L	<2,0	ANALISIS Y REPORTE
DQO	SM 5220 C	Mg O ₂ /L	872	180,00
DBO ₅	SM 5210 B ASTM D888-12 Método C	Mg O ₂ /L	278	90,00
SOLIDOS SEDIMENTABLES	SM 2540 F	MI/L	900	5,00
SOLIDOS TOTALES	SM 2540 B	mg/L	2720	ANALISIS Y REPORTE

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	Mg/L	2680	90,00
HIERRO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	Mg Fe/L	28,2	ANALISIS Y REPORTE
MANGANESO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 B	Mg Mn/L	0,31	ANALISIS Y REPORTE
MERCURIO TOTAL	SM 3112 B	Mg Hg/L	<0,0005	0,02
ALUMINIO TOTAL	SM 3030 F, SM 3111 D	mg Al/L	119	ANALISIS Y REPORTE
DENSIDAD	Gravímetro	g/mL	0,9979	ANALISIS Y REPORTE
FLORUROS	SM 4500 F-B, C	mg F ⁻ /L	<0,1	ANALISIS Y REPORTE

Fuente: SIAMA LTDA, R. 0631/15

4.2. Pruebas Microbiológicas

Ahora bien, para los resultados microbiológicos, presentados en el Anexo A, se muestra el resumen de los mismos en el cuadro número 4.

Cuadro 4: Resultados puntos de muestreo-Microbiológicos.

VARIABLE	METODO	RESULTADO PUNTO MONITOREADO
		INICIO DE RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
COLIFORMES TOTALES	NTC 4458	26x10 UFC/ g de Biosólido
COLIFORMES FECALES	NTC 4458	8x10 UFC/ g de Biosólido
Escherichia coli	NTC 4458	1x10 UFC/ g de Biosólido

Fuente: SIAMA LTDA



Anexo 8. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P

PRUEBAS DE LABORATORIO PARA LODOS EN LA PTAP DE SARAVERENA (NO TENIDO EN CUENTA PARA LOS DISEÑOS DEBIDO A INCONGRUENCIAS EN VALORES Y NO SER LABORATORIO CERTIFICADO)



SOLIDOS SEDIMENTABLES

Materiales:

- cono inmoform de 1000 ml
- probetas de 100 ml graduadas

Muestra 1: 1000 ml

Muestra 2: 1000 ml

Muestra 3: 1000 ml

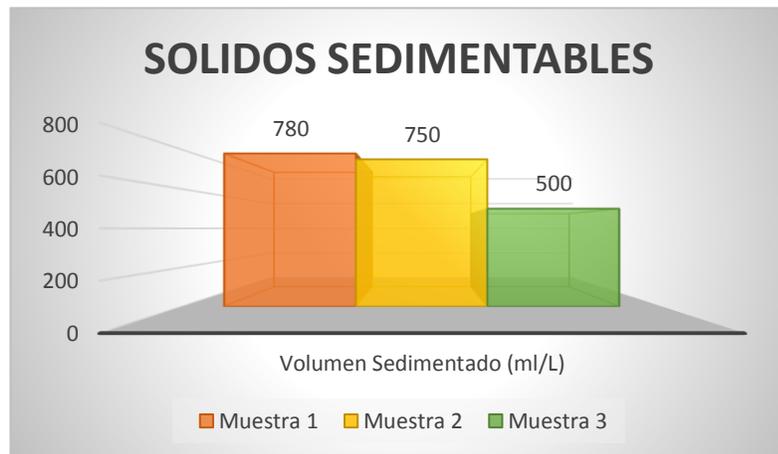
Resultados:

Tiempo de sedimentación: 1 hora

Muestra Sedimentada 1: 780 ml/L

Muestra Sedimentada 2: 750 ml/L

Muestra Sedimentada 3: 500 ml/L



MEDICION DE pH

Materiales:

- Ph-chimetro
- probetas de 100 ml graduadas
- Erlenmeyer de 250 ml

Muestra 1: 250 ml

Muestra 2: 250 ml

Muestra 3: 250 ml

Resultados:

Muestra 1:

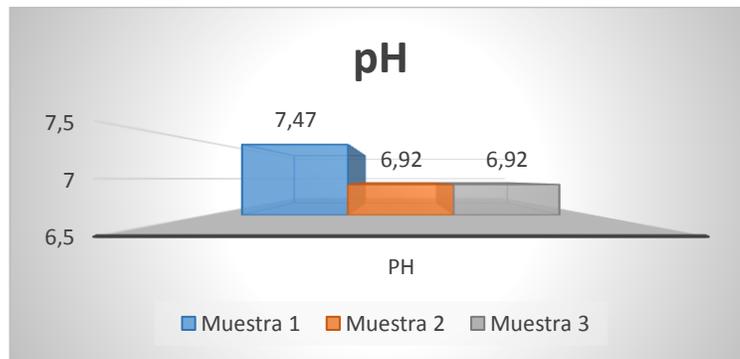
- pH: 7.47
- T*: 22.4 °C

Muestra 2:

- pH: 6.92
- T*: 24.4 °C

Muestra 3:

- pH: 6.92
- T*: 22.1 °C



DETERMINACION DE DQO

Materiales:

- Spectroquant TR 320 (luego de adicionar y mezclar la muestra al test,se deja 2 h)
- Pipeta 2 ml
- Pera

-Test 0-29, CSB 1500, COD 1500

Muestra 1: 2 ml

Muestra 2: 2 ml

Muestra 3: 2 ml

Resultados:

Muestra 1:

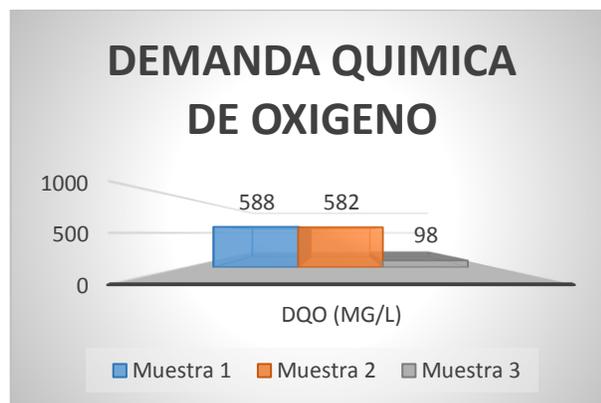
- Viraje: Verde Brillante
- DQO: 588 mg/L

Muestra 2:

- Viraje: Verde Brillante
- DQO: 582 mg/L

Muestra 3:

- Viraje: Verde Oliva
- DQO: <100 mg/L





DETERMINACION DE ALUMINIO

Materiales:

- Spectroquant TR 320 (luego de adicionar y mezclar la muestra al test, se deja 2 h)
- Pipeta 2 ml
- Pera
- Test 1-02, NANOCOLOR, Aluminio
 - R1 → 200 μ L (mezclar)
 - R2 → 1 cucharadita (mezclar)
 - R3 → 2 ml (mezclar)
 - R4 → 2 ml (mezclar)
- pH [6 - 6.5]
- reposar 5 min

Muestra 1: 0.5 ml de 20 ml

Muestra 2: 0.5 ml de 20 ml

Muestra 3: 3 ml de 20 ml

Resultados:

Muestra 1:

- Al: 0.246 mg/L Al

Muestra 2:

- Al: 0.314 mg/L Al

Muestra 3:

- Al: 0.221 mg/L Al



DETERMINACION DE SOLIDOS SOLIDOS TOTALES

Peso Crisol luego de estar 1 h al horno a 250 °C:

W1,1: 79.7078 g

W1,2: 71.2513 g

W1,3: 78.3939 g

Se adicionaron:

V1,1: 50 ml

V1,2: 50 ml

V1,3: 50 ml

Se pasa al horno a 105 °C por 1 hora, deja en desecador para posterior pesado:

W2,1: 90.2225 g

W2,2: 77.1729 g

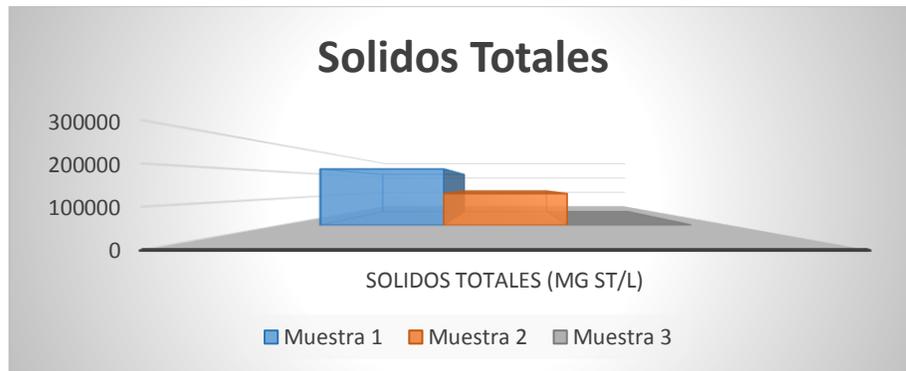
W2,3: 78.4674 g

$$ST = \left(\frac{W2 - W1}{V1} \right) * 1000$$

$$ST1 = \left(\frac{90.2225 - 79.7078}{0.05} \right) * 1000 = 210294 \frac{mg ST}{L}$$

$$ST2 = \left(\frac{77.1729 - 71.2513}{0.05} \right) * 1000 = 118432 \frac{mg ST}{L}$$

$$ST3 = \left(\frac{78.4674 - 78.3939}{0.05} \right) * 1000 = 1470 \frac{mg ST}{L}$$





SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

S.S.T

Se introdujeron los crisoles con sus respectivos filtros de fibra de vidrio por 1/2 h a la mufla a 500 °C.

Se pasa al horno a 105 °C por 1 hora, deja en desecador para posterior pesado:

W4,1: 21.6314 g

W4,2: 22.5038 g

W4,3: 22.5884 g

Se filtró la muestra homogenizada.

Se adicionaron:

V2,1: 10 ml

V2,2: 10 ml

V2,3: 10 ml

Se seca al horno a 105 °C por 1 hora, deja en desecador para posterior pesado:

W5,1: 23.8330 g

W5,2: 22.5585 g

W5,3: 22.5990 g

$$SST = \left(\frac{W5 - W4}{V2} \right) * 1000$$

$$SST1 = \left(\frac{23.8330 - 21.6314}{0.01} \right) * 1000 = 220160 \frac{mg SST}{L}$$

$$SST2 = \left(\frac{22.5585 - 22.5038}{0.01} \right) * 1000 = 5470 \frac{mg SST}{L}$$

$$SST3 = \left(\frac{22.5990 - 22.5884}{0.01} \right) * 1000 = 560 \frac{mg SST}{L}$$



SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES S.S.V

Se tomó el crisol de la muestra anterior (S.S.T), se colocó por 1/2 h a la mufla a 550 *C.

Se pasa al horno a 105 *C por 20 min, deja en desecador para posterior pesado:

W6,1: 21.6889 g

W6,2: 22.5294 g

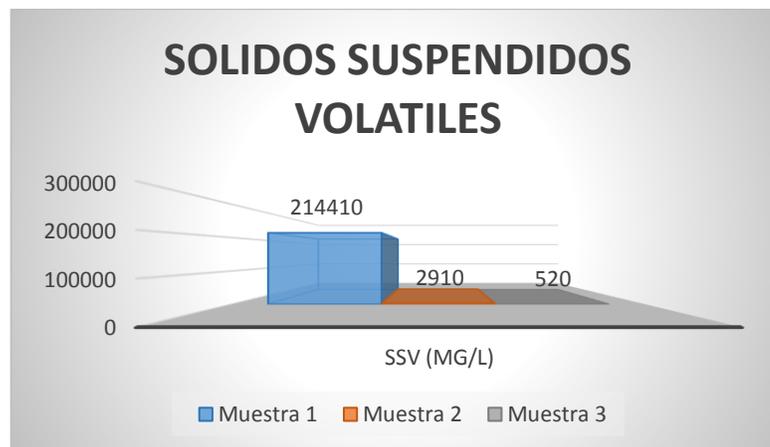
W6,3: 22.5938 g

$$SSV = \left(\frac{W5 - W6}{V2} \right) * 1000$$

$$SSV1 = \left(\frac{23.8330 - 21.6889}{0.01} \right) * 1000 = 214410 \frac{mg\ SSV}{L}$$

$$SSV2 = \left(\frac{22.5585 - 22.5294}{0.01} \right) * 1000 = 2910 \frac{mg\ SSV}{L}$$

$$SSV3 = \left(\frac{22.5990 - 22.5938}{0.01} \right) * 1000 = 520 \frac{mg\ SSV}{L}$$



DETERMINACION DE MANGANESO

Materiales:

- Spectroquant TR 320 (luego de adicionar y mezclar la muestra al test)
- Pipeta 2 ml
- Pera
- Test 0-58, NANOCOLOR, Manganeso

Se añade:

4 ml de sln muestra al tubo Test (mezclar)

R2→ 500 μ L= 0.05 mL (mezclar), esperar 1 min

R3→ una cucharada rasa (mezclar)

pH [2-6]

reposar

Muestra 1: 4 ml

Muestra 2: 4 ml

Muestra 3: 4 ml

Resultados:

Muestra 1:

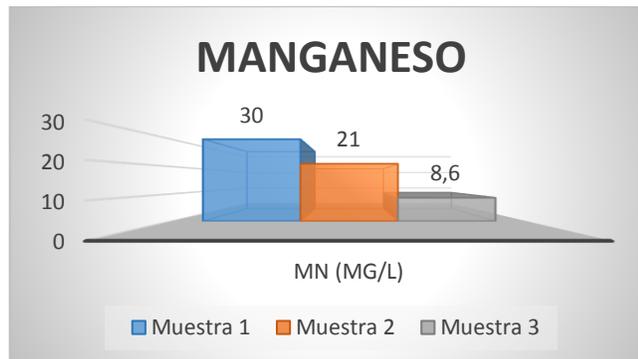
- Mn: >25 mg/L Mn

Muestra 2:

- Mn: 21.0 mg/L Mn

Muestra 3:

- Mn: 8.6 mg/L Mn





DETERMINACION DE HIERRO

Materiales:

-Spectroquant TR 320 (luego de adicionar y mezclar la muestra al test)

-Pipeta 2 ml

-Pera

-Test 0-37, NANOCOLOR, Hierro

4 ml de sln muestra al tubo Test (mezclar)

R2→ 1 NANOFIX (mezclar)

pH [2-12]

reposar

Muestra 1: 4 ml

Muestra 2: 4 ml

Muestra 3: 4 ml

Resultados:

Muestra 1:

- Fe: >3 mg/L Fe

Muestra 2:

- Fe: >3 mg/L Fe

Muestra 3:

- Fe: <0,02 mg/L Fe



DETERMINACION DE SULFATOS

Materiales:

- Spectroquant TR 320 (luego de adicionar y mezclar la muestra al test)
- Pipeta 2 ml
- Pera
- Test 0-86, NANOCOLOR, Sulfato
 - 4 ml de sln muestra al tubo Test (mezclar)
 - R2→ 1 cucharadita rasa (mezclar 10 s)
 - pH [1-13]
 - reposar 2 min

Muestra 1: 4 ml

Muestra 2: 4 ml

Muestra 3: 4 ml

Resultados:

Muestra 1:

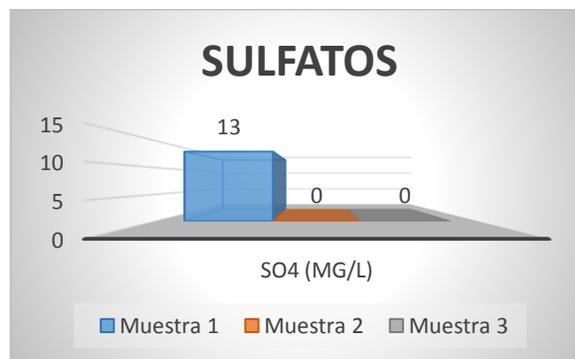
- SO_4 : 13 mg/L SO_4

Muestra 2:

- SO_4 : 0 mg/L SO_4

Muestra 3:

- SO_4 : 0 mg/L SO_4



DETERMINACION DE FLUORURO

Materiales:

- Spectroquant TR 320 (luego de adicionar y mezclar la muestra al test)
- Pipeta 2 ml
- Pera
- Test 0-40, NANOCOLOR, Fluoruro
 - 2 ml de sln muestra al tubo Test (mezclar)
 - pH [4-13]
 - reposar 15 min

Muestra 1: 2 ml

Muestra 2: 2 ml

Muestra 3: 2 ml

Resultados:

Muestra 1:

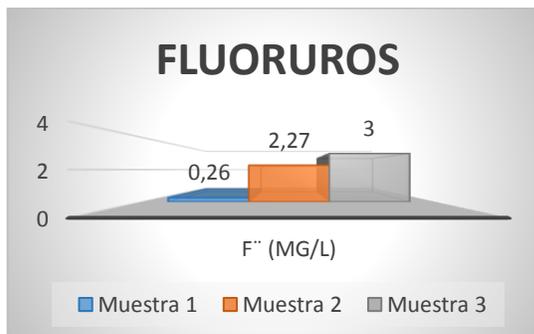
- F^- : 0.26 mg/L F^-

Muestra 2:

- F^- : 2.27 mg/L F^-

Muestra 3:

- F^- : >2,5 mg/L F^-





DETERMINACION DE CLORUROS

Materiales:

- Spectroquant TR 320 (luego de adicionar y mezclar la muestra al test)
- Pipeta 1 ml
- Pera
- Test 0-19, NANOCOLOR, Cloruro
 - 1 ml de sln muestra al tubo Test (mezclar)
 - R2→ 1 ml (mezclar)
 - pH [1-13]
 - reposar 3 min

Muestra 1: 1 ml

Muestra 2: 1 ml

Muestra 3: 1 ml

Resultados:

Muestra 1:

- Cl^- : 6.5 mg/L Cl^-

Muestra 2:

- Cl^- : 5.2 mg/L Cl^-

Muestra 3:

- Cl^- : 3.7 mg/L Cl^-



DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO DBO5

Muestra 1:

- DBO₁: 07 mg/L
- DBO₂: 09 mg/L
- DBO₃: 10 mg/L
- DBO₄: 10 mg/L
- DBO₅: 12 mg/L

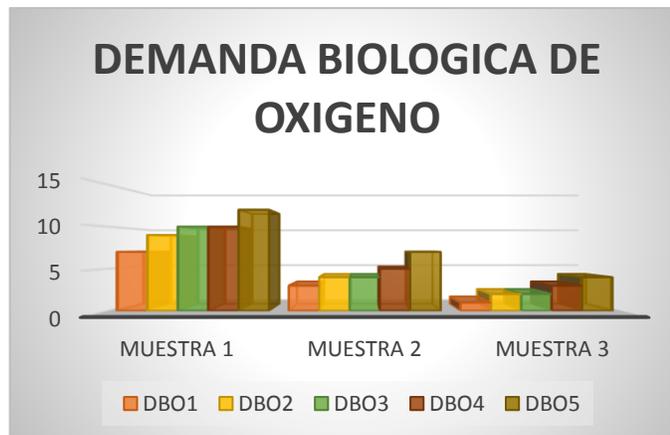
Muestra 2:

- DBO₁: 03 mg/L
- DBO₂: 04 mg/L

- DBO₃: 04 mg/L
- DBO₄: 05 mg/L
- DBO₅: 07 mg/L

Muestra 3:

- DBO₁: 01 mg/L
- DBO₂: 02 mg/L
- DBO₃: 02 mg/L
- DBO₄: 03 mg/L
- DBO₅: 04 mg/L



COLIFORMES TOTALES

CTotales

Muestra 1:

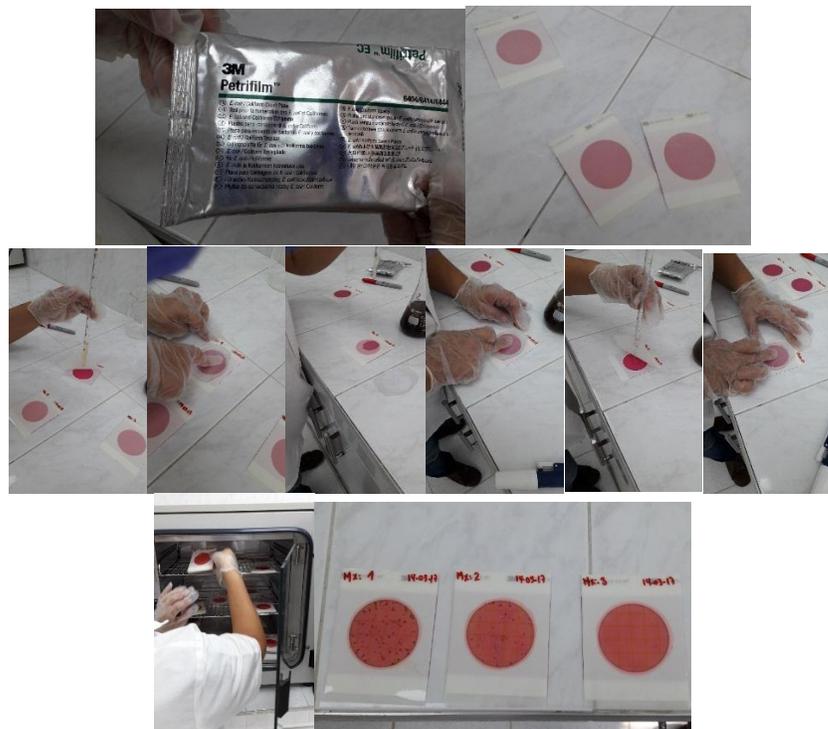
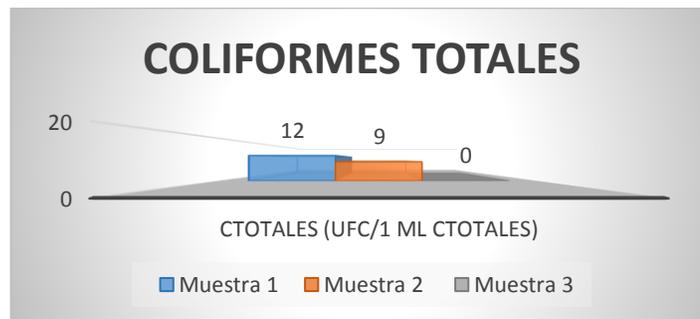
- CTotales: 12 UFC/1 ml CTotales

Muestra 2:

- CTotales: 9 UFC/1 ml CTotales

Muestra 3:

- CTotales: 0 UFC/1 ml CTotales





Trabajo de Grado: LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA
ING. AMBIENTAL - UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACION PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA - ARAUCA



Anexo 9. ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

	Acta de Sustentación de Trabajo de Grado-Pregrado	Código	FGA-72 v.06
		Página	1 de 1

PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL

MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO

- Investigación Recital de Grado
 Pasantía de Investigación Diplomado
 Docencia Práctica Integral
 Práctica Empresarial Articulación Posgrado

EL JURADO CALIFICADOR CONFORMADO POR: (Nombres, apellidos y documento de identidad).

JURADO 1: JACIPT ALEXANDER RAMON VALENCIA / C.C: 88159488

JURADO 2: JAVIER AUGUSTO VERA SOLANO / C.C: 88158550

JURADO 3: _____ / C.C: _____

EN SU SESIÓN EFECTUADA EN: EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA A LAS 7:00 HORAS, DEL DÍA 15 DEL MES JUNIO DEL AÑO 2018

Terminadas sus deliberaciones, y en cumplimiento de las normas y acuerdos de los órganos de dirección de la Universidad de Pamplona, se ha llegado a la siguiente conclusión:

Primera Conclusión: Otorgar la Calificación de: 3.9 (en números)

- Meritorio (>=4.51)
 Excelente (>=4,<=4.49)
 Aprobado (>=3,<=3.99)
 Incompleto (<=2.99)

AL TRABAJO DE GRADO TITULADO: DISEÑO DE LA UNIDAD DE DESHIDRATACIÓN DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ECAAAS E.S.P. DEL MUNICIPIO DE SARAVENA-ARAUCA

AUTOR(ES): Número de Autores (1)

Nombres:	LISBETH ADRIANA SARMIENTO ARCHILA	COD.	93012009796
Nombres:		COD.	
Nombres:		COD.	

DIRECTOR Y/O TUTOR: FIDEL ANTONIO CARVAJAL SUAREZ /C.C: 88032761

Segunda Conclusión: Emitir los siguientes criterios

No.	DESCRIPCIÓN	RECOMENDAR	
		SI	NO
1.	Recomendar para presentar en eventos.		X
2.	Recomendar para publicación.		X
3.	Recomendar para ser continuado en otros trabajos.	X	

Otras: _____

Tercera Conclusión: Avalar el cumplimiento del Trabajo de Grado, para optar por el Título de

Firmas del Jurado Calificador:

Note: Diligenciar debidamente todos los espacios requeridos en el formato.



Anexo 10. INSTRUCTIVO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA EL LECHO SECADO DE LODOS DE LA ECAAAS E.S.P.

OBJETO

Establecer el procedimiento para realizar la limpieza y carga de los lechos de Secado de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ECAAAS E.S.P. del Municipio de Saravena-Arauca.

ALCANCE

Este instructivo aplica a los lechos de secado de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ECAAAS E.S.P. del Municipio de Saravena-Arauca.

RESPONSABLE

Operario de turno en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ECAAAS E.S.P.

La Operación y el debido funcionamiento de un lecho de secado de lodos depende de:

- ~ La concentración de solidos del lodo aplicado.
- ~ Profundidad del lodo aplicado.
- ~ Cantidad de agua removida a través del sistema de drenaje.
- ~ Tasa de evaporación (conforme a los factores ambientales).
- ~ Método de remoción usado.
- ~ Método de disposición usado.

Se hace necesario contemplar los siguientes aspectos a la hora de la operación y mantenimiento de los lechos de secado:

- ◇ Control de olores
- ◇ Control del lodo influente
- ◇ Control de las dosificaciones
- ◇ Operación bajo condiciones mínima y máxima



- ◇ Programa de inspección periódico
- ◇ Control de insectos y crecimiento de plantas
- ◇ Manejo de la torta de lodo seca y/o lodo deshidratado
- ◇ Programa de muestreos y control de muestras en el laboratorio

ASPECTOS A TENER EN CUENTA

Es de suma importancia no realizar descarga de lodos sobre otros ya secos.

Al momento que ya se hace la descarga del lodo total pasar agua por las tuberías de manera que no se obstruya con lodos.

Retirar los lodos cada 14 días y/o antes si es necesario. Siempre de la mano con la frecuencia del lavado de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del municipio de Saravena.

FRECUENCIA DE RETIRO DE LODOS

- Es recomendable retirarse cada 14 días puesto que el lavado de la planta se lleva a cabo cada 15 días, por tanto se debe remover los lodos que tenga entre un 60 a 70% de contenido de humedad, esta actividad puede realizarse con la ayuda de palas o rastrillos.
- En caso que se tengan grandes cantidades de lodo este debe transportarse en carretillas o si es necesario en volquetas hasta el lugar destinado para la recepción de los lodos ya estabilizados.
- Agregar cal al lodo estabilizado dispuesto en el sitio de recepción de lodos.
- Una vez sean retirados los lodos, es necesario dejan preparado el medio filtrante para la próxima carga.
- Siempre que se pierdan arenas deberá reponerse para tener optimo el medio filtrante del lecho.

FORMATO DIARIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL LECHO DE SECADO DE LODOS DE LA ECAAAS E.S.P.

FORMATO DIARIO													
OPERARIOS: _____				FECHA: _____				HORA: _____					
Parámetros				Pre tratamiento 1		Pre tratamiento 2		Pre tratamiento total natas	Filtro				
				Lechos secado		Recepción de lodos			Presencia de bolas de lodo		Turbiedad en el Efluente		
Temperatura	pH		Q (L/s)	NATAS VOL (L)	ALTURA DEL LODO (m)	NATAS VOL (L)	ALTURA DEL LODO (m)	(1+2) VOL (L)			Baja	Alta	
Afluente	Afluente	Efluente							SI	NO			
MUESTRAS ADICIONALES: _____													
OBSERVACIONES: _____													

Diagrama de flujo 1: MODO DE LIMPIEZA DE LECHO

