

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE REDISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS COMUNIDADES "LOS PRÓCERES" Y "LA VICTORIA" DEL DISTRITO SAN TOMÉ ESTADO ANZOÁTEGUI.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Del Valle F. Yusmery J.
Puerta C. Jorge L.
Para optar por el Título
de Ingeniero Químico

Caracas, 2014

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE REDISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS COMUNIDADES "LOS PRÓCERES" Y "LA VICTORIA" DEL DISTRITO SAN TOMÉ ESTADO ANZOÁTEGUI.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. María Rincones
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Armando Pérez

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Del Valle F. Yusmery J.
Puerta C. Jorge L.
Para optar por el Título
de Ingeniero Químico

Caracas, 2014

Caracas, Octubre 2014

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Yusmery J. Del Valle Fernández y Jorge Luis Puerta Cedeño, titulado:

**“PROPUESTA DE REDISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS
COMUNIDADES "LOS PRÓCERES" Y "LA VICTORIA" DEL
DISTRITO SAN TOMÉ ESTADO ANZOÁTEGUI”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al título de Ingeniero Químico, y sin que esto signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran **APROBADO**

Profra. Griselda B. Ferrara de G

Jurado

Prof. Antonio De Freitas

Jurado

Profra. María Rincón

Tutor Académico

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo Especial de Grado principalmente a Dios Todopoderoso, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y moral, a mi padre Gonzalo Puerta, llave eterno, que Dios te tenga en el cielo, quien fue y sigue siendo guía de mi formación, aunque nos faltaron muchos momentos por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi madre querida, Rosa Cedeño, por su cariño, amor, amistad y sacrificios, por ser mi fuente de inspiración para lograr grandes cosas y aprender de ti que el futuro se resume en ser un profesional. A mi amor del alma Yusmery Del Valle, quien desde el principio demostró y sigue demostrando que soñar y lograr nuestros éxitos juntos es unas de las cosas más satisfactorias de la vida y dio todo su tiempo, cariño y compañía para lograr este momento, gracias por darme la oportunidad de conocerte. A mi muñeca preciosa, Victoria Valentina Puerta Del Valle, hija querida. A mis hermanos, porque los quiero y adoro infinitamente, gracias por demostrarme que la familia lo es todo. Y a toda mi familia por su constante apoyo, que dios los guie y los cuide.

Jorge Luis Puerta Cedeño.

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo Especial de Grado en primera instancia a Dios todopoderoso, por ser mi mentor, mi guía, mi fortaleza y sobre todo por brindarme una vida llena de bendiciones. A mi madre Josefina Fernández, por haberme cubierto con su manto de amor, por apoyarme en todo momento, por ser ejemplo de tesón y sacrificios, por enseñarme que no existe nada más importante que la unión familiar y que gracias a eso podemos salir airosos de cualquier situación, por ser mi mayor orgullo y el mejor ejemplo a seguir. A mi gran amor, Jorge Luis Puerta Cedeño, compañero de tesis y de vida, quien cada día me ha demostrado que ha sido la mayor bendición y el mejor regalo que he podido recibir, por llenarme de un amor infinito y por demostrarme su bondad y sacrificios para con nosotras e inspirarme a ser cada día mejor. A mi hija Victoria Valentina Puerta Del Valle por haber llegado a nosotros e iluminar mis días con su mirada colmada de luz. A mis hermanos, cada uno de ustedes dio un valioso aporte para que este día AL FIN llegara, quiero decirles que los amo infinitamente y me siento orgullosa tenerlos como hermanos. A mi familia, por estar junto a mí en los momentos que más los necesité, vaya para ustedes mi más sincera bendición.

Yusmery Josefina Del Valle Fernández

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios Todo Poderoso, por ser mi guía universal, y brindarme el conocimiento, la sabiduría, la constancia y el amor necesario para que nuestras vidas estén llenas de paz y tranquilidad y por permitirme vivir este momento tan especial para mí.

Agradezco también, a mi segunda casa, la casa que vence las sombras, Ilustre Universidad Central de Venezuela, por haberme permitido soñar desde niño en pisar tus gramas, entrar en tus aulas y aprender un mundo nuevo lleno de conocimientos y experiencias.

También agradezco a mi tutora académico Prof. María Rincones y a mi tutor industrial Ing. Armando Pérez, por entregar su tiempo y conocimiento en pro del desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

A mi padre querido, por tus consejos de la vida y la amistad, por ser tú quien me enseñó que para ser fuerte solo se necesita confiar en sí mismo, y que para que todo sea satisfactorio tiene que tener algún sacrificio. Dios te tenga un su gloria.

A mi madre por el apoyo incondicional, por su compañía, amor, amistad, consejos y por ser quien desde el comienzo de mi sueño de ser un profesional y egresar de la UCV desbordaste todo tu apoyo hacia mí, sin importar el sacrificio que todos íbamos a hacer.

A la Compañía P y F, C.A. y a todos mis compañeros de trabajo, por permitirme seguir creciendo a nivel profesional y al desarrollo de este trabajo.

A mis hermanos, Gonzalo, Jesús, Jhonatam y David, futuros profesionales todos, son inspiración y motivación de trabajo y esfuerzo.

Un agradecimiento especial para Yusmery, por su calor, amor y compañía, además del inmenso apoyo incondicional para realizar este trabajo y por su comprensión y sacrificios que permitieron el éxito de este proyecto.

A mi familia y a mi hija Victoria Valentina, porque en todo momento fueron motivos de ánimo e inspiración.

A Sonia Rodríguez, por su desinteresado sacrificio y apoyo para con nosotros, agradecidos por siempre.

A mis amigos y a todos aquellos que de una forma u otra contribuyeron en mi formación profesional y elaboración de este Trabajo Especial de Grado.

Jorge Luis Puerta Cedeño.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero ofrecer mi agradecimiento a Dios Todopoderoso por iluminar mi camino apartando de él las piedras que podían hacerme tropezar y aún cuando tropecé y caí, le agradezco haberme dado la fuerza para levantarme y continuar adelante, siempre con la frente en alto y la mirada fija en mi meta.

A la Ilustre Universidad Central de Venezuela “La casa que vence la sombra”, esta casa que me vio evolucionar como estudiante, como persona y ahora ve cómo me convierto en una profesional.

También agradezco a mi tutora académico Prof. María Rincones y a mi tutor industrial Ing. Armando Pérez, por brindarnos todo su apoyo, tiempo y conocimiento, permitiéndonos desarrollar de manera satisfactoria este Trabajo Especial de Grado.

Desde lo más profundo de mi corazón agradezco a mi madre, amiga y guía, Josefina Fernández, por los valores que me inculcó, por haber sido el motor que día a día impulsó mis pasos, por haberme llenado del más profundo, sincero y desinteresado amor, por darme su apoyo incondicional aún en los momentos en que yo misma dudé de mis capacidades, por haberme dicho infinidad de veces ¡hija TÚ puedes! y a quien hoy le puedo decir ¡MAMI LO LOGRAMOS!!!

A mi “hermana mayor” ejemplo de constancia, entrega y superación, gracias por concederme la dicha de contar contigo en las buenas, en las malas y en las peores, gracias por estar presente en los momentos más apremiantes y por enseñarme que si queremos que las cosas salgan bien tenemos que empezar por hacerlas bien.

A mi hermana Mari, ejemplo de lucha y perseverancia, gracias por demostrarme que no importan las dificultades, ¡querer es poder!. Gracias también por decirme las cosas duras cuando nadie más era capaz de hacerlo por temor a lastimarme, tus palabras me han ayudado a ser mejor persona.

A mi hermano Jorge, quien más que un hermano ha sido un padre para mi, gracias hermano por enseñarme que la responsabilidad no es cuestión de edad sino de compromiso.

A mis hermanas Eris y Cris, por ponerle un toque de humor a cada situación.

Al resto de mis hermanos: Juan, Lisandro, Cristian y Diey, a mis tíos Pedro, Wense, Modesta, Aracelys y Gisela Delvalle, y en general al toda mi familia... seres maravillosos, llenos de bondad, paciencia y comprensión. Ustedes han sido siempre parte importante en mi vida y de una u otra forma me han impulsado a seguir adelante.

A un ser maravilloso que conocí en los pasillos de esta facultad, Jorge Puerta, gracias mi amor bello por compartir conmigo tu tiempo, inteligencia y paciencia para que este trabajo de grado terminara con éxito, pero sobre todo gracias porque una vez que nos cruzamos y decidimos emprender juntos este proyecto maravilloso que llamamos vida me has regalado los mejores momentos y las mayores alegrías, gracias por todo tu amor. ¡¡¡Te Amooooo!!!

A mi hija, Victoria Valentina Puerta Del Valle, por ser el mayor motivo de mi inspiración! Gracias a ti se reavivan mis ganas, deseos y necesidad de hacer las cosas de la mejor manera, para que mañana y siempre te sientas orgullosa de tu mamá.

A mis profesores de la Escuela de Ingeniería Química, en especial al Prof. Humberto Kum, al Prof. Francisco Yáñez y al Prof. Luís García quienes a lo largo de la carrera se preocuparon por mi evolución como estudiante y supieron brindarme de forma oportuna consejos que me impulsaron hacia el éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida y a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en dónde se encuentren quiero ofrecerles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones!!!.

Yusmery Josefina Del Valle Fernández.

**Del Valle F. Yusmery J.
Puerta C. Jorge L.**

**PROPUESTA DE REDISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS
COMUNIDADES "LOS PRÓCERES" Y "LA VICTORIA" DEL
DISTRITO SAN TOMÉ ESTADO ANZOÁTEGUI.**

Tutor Académico: Ing. María Rincones. Tutor Industrial: Ing. Armando Pérez.

**Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
Año 2014, 96 p.**

Palabras claves: Planta de Tratamiento, Aguas Residuales, Mantenimiento Preventivo.

Resumen. El presente Trabajo Especial de Grado propone establecer mejoras técnicas y estructurales que conduzcan a optimizar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las Comunidades "Los Próceres" Y "La Victoria" Del Distrito San Tomé. Esta investigación comienza con la identificación de las unidades que conforman la planta, se realizaron una serie de visitas para describir los procesos asociados a la misma y analizar la capacidad y diseño de los elementos que la conforman y así establecer su desempeño operacional bajo las condiciones en las que se encuentra e identificar las posibles limitaciones, todo esto permitió generar propuestas de modificación de esta planta a fin de obtener mejoras en las características finales del agua y que además se adapte a los requerimientos actuales y futuros de la misma. Por último, se formuló un plan de mantenimiento preventivo que contribuirá al buen funcionamiento de la planta a lo largo del tiempo. No se encontró información previa que revelase aspectos importantes de la planta en cuestión, el caudal que procesa es 3600 L/min, el cual es excesivamente alto debido a que la población actual es de 11500 habitantes aprox. por lo que debería generarse 1600 L/min de agua, considerando un consumo de 250 L por habitante por día y un coeficiente de pérdida en el consumo de agua del 20%. Para los cálculos de evaluación y diseño tomó una población estimada a 25 años de 15000 habitantes que genera un caudal medio de 2080 L/min. La evaluación de las etapas como el desbaste, desarenado, sedimentado, lecho biopercolador y lagunas de maduración, arrojó que dichas etapas están en capacidad de tratar el agua por al menos 25 años más, sólo si se realizan los mantenimientos y mejoras pertinentes. Por su parte, el digester de lodos deberá construirse en su totalidad y los lechos de secado de lodos requieren

ampliación, por lo que se determinó que no son necesarias modificaciones estructurales significativas en el diseño de las unidades que conforman la planta de tratamiento.

Tabla de Contenidos

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABLAS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Objetivos	6
1.2.1 General	6
1.2.2 Específicos	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Bases Teóricas	10
2.2.1 Aguas Residuales	10
2.2.1.1 Composición de las Aguas Residuales	10
2.2.1.2 Características de las aguas residuales domésticas:	11
2.2.1.3 Tratamiento de Aguas Residuales:	12
2.2.1.3.1 Pretratamiento:	13
2.2.1.3.2 Tratamiento Primario	14
2.2.1.3.3 Tratamiento Secundario	14
2.2.1.3.4 Tratamiento terciario:	16
2.2.1.3.5 Desinfección:	17
2.2.1.3.6 Tratamiento de los Lodos	19
2.2.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales:	19
2.2.2.1 Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales:	20
2.2.3 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las comunidades “Los Próceres” y la “Victoria” del Distrito San Tomé, Municipio Freites	21
2.2.3.1 Reseña Histórica	

Tabla de Contenidos

2.2.3.2 Descripción de la planta	21
2.2.3.3 Descripción del proceso de tratamiento de las aguas residuales	22 25
2.2.4 Mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales:	27
2.2.4.1. Mantenimiento	
2.2.4.2. Tipos de Mantenimiento	27
2.2.4.3. Plan de Mantenimiento Preventivo	28
CAPÍTULO III	28
3. MARCO METODOLÓGICO	32
3.1 Identificación de las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales	32 32
3.2 Establecimiento del desempeño operacional de la planta bajo las condiciones en las que se encuentra actualmente identificando las posibles limitaciones	32
3.3 Generación de propuestas de modificación de la planta para su mejora	
3.4 Formulación de un plan de mantenimiento preventivo de la Planta	33
3.5 Plan de trabajo	33
CAPÍTULO IV	34
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	35
4.1 Identificación de las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria”	35 35
4.2 Establecimiento del desempeño operacional de la planta bajo las condiciones en las que se encuentra actualmente e identificar las posibles limitaciones	41
4.3 Generación de propuestas de modificación de la planta para su mejora.	43
4.3.1 Propuestas de modificación	43
4.4 Formulación de un plan de mantenimiento preventivo de la planta	58
4.4.1 Plan de Mantenimiento	58
4.4.2 Control analítico y muestreo de la de la Planta de Tratamiento	

Tabla de Contenidos

de Aguas Residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Vitoria” del Distrito San Tomé.	58
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 CONCLUSIONES	69
5.2 RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÉNDICES	74
ANEXOS	96

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 Vista aérea de planta de tratamiento de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé.	25
Figura N°2 Diagrama de Boques de Proceso del Tratamiento de Aguas Residuales (Original)	26
Figura N°3 Diagrama de Boques de Proceso del Tratamiento de Aguas Residuales (Actual)	27
Figura N°4 Representacion de $(Se/So) \times 100$ en funcion de $D/L^{0,478}$	88

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1. Características de un agua residual doméstica típica.	11
Tabla N°2. Dimensiones y función de los equipos existentes en la actualidad en la PTAR de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé Edo Anzoátegui.	23
Tabla N° 3. Plan de trabajo de la investigación.	34
Tabla N° 4. Ficha de especificación de la rejilla de cribado actual.	36
Tabla N° 5. Ficha de especificación del desarenador de cadena actual.	37
Tabla N° 6. Ficha de especificación del Sedimentador primario I actual.	37
Tabla N° 7. Ficha de especificación del Sedimentador primario II actual.	38
Tabla N° 8. Ficha de especificación del Lecho biopercolador actual.	38
Tabla N° 9. Ficha de especificación del Sedimentador secundario I actual.	39
Tabla N°10. Ficha de especificación del Sedimentador secundario II actual.	39
Tabla N° 11. Ficha de especificación del Digestor de lodos actual.	40
Tabla N° 12. Ficha de especificación de las lagunas de maduración actuales.	40
Tabla N° 13. Ficha de especificación de los lechos de secado de lodos actuales.	41
Tabla N° 14. Ficha de especificación de la rejilla de cribado propuesta.	48
Tabla N° 15. Ficha de especificación del desarenador propuesto.	49
Tabla N° 16. Ficha de especificación del sedimentador primario I propuesto.	50
Tabla N° 17. Ficha de especificación del sedimentador primario II propuesto.	51
Tabla N° 18 Ficha de especificación del lecho biopercolador propuesto.	52
Tabla N° 19 Ficha de especificación del sedimentador secundario I propuesto.	53
Tabla N° 20 Ficha de especificación del sedimentador secundario II	

Lista de Tablas

propuesto.	54
Tabla N° 21. Ficha de especificación del digestor de lodo propuesto.	55
Tabla N° 22. Ficha de especificación de las lagunas de maduración propuesto.	56
Tabla N° 23. Ficha de especificación de las lagunas de maduración propuesto.	57
Tabla N°24 Determinación de las etapas críticas de la planta.	58
Tabla N° 25. Instructivo para el mantenimiento de las rejillas de cribado.	59
Tabla N° 26. Instructivo para el mantenimiento de Desarenador.	61
Tabla N° 27. Instructivo para el mantenimiento de los sedimentadores primarios y secundarios.	62
Tabla N° 28. Instructivo para el mantenimiento de los Digestores anaerobios.	63
Tabla N° 29. Instructivo para el mantenimiento del lecho percolador.	64
Tabla N° 30. Instructivo para el mantenimiento de los Lechos de Secado.	65
Tabla N° 31. Instructivo para el mantenimiento de las lagunas de maduración.	66
Tabla N°32. . Parámetros físicos, químicos y microbiológicos que deberán ser medidos en el sistema.	66
Tabla N°33. Características de rejillas de barras dependiendo de su limpieza.	69
Tabla N°34. Caudales de la planta.	70
Tabla N°35. Características comunes en sedimentadores.	76
Tabla N°36. Características principales de los lechos percoladores.	78
Tabla N°37. Características de las lagunas de maduración existente.	83
Tabla N°48. Comparación de las aguas residuales municipales en relación a las escorrentías.	87
Tabla N° 39. Estimación de costos para la rehabilitación y construcción de las diferentes etapas de la Planta de tratamiento de aguas residuales de las	

Lista de Tablas

comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé.	94
Tabla N° 40. Estimación de costos para el mantenimiento y operación de la Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé.	96

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Norma Para la Clasificación de la Calidad de los Cuerpos de Agua o Efluentes Líquidos en Venezuela de fecha 11 de octubre de 1995 (Decreto N° 883, 1995) las aguas servidas se definen como: Aguas utilizadas o residuales provenientes de una comunidad, industria, granja o establecimiento, con contenido de materiales disueltos y suspendidos.

En función de lo antes expuesto, el presente Trabajo Especial de Grxado propone el rediseño de una planta para el tratamiento de aguas residuales de las comunidades "Los Próceres" y "La Victoria" del Distrito San Tomé estado Anzoátegui.

Ahora bien, para alcanzar los objetivos planteados la presente investigación queda enmarcada en cuatro secciones: Identificación de las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales, establecimiento del desempeño operacional de la planta bajo las condiciones en las cuales se encuentra actualmente identificando las posibles limitaciones, generación de propuestas de modificación de la planta para su mejora y por último formulación de un plan de mantenimiento preventivo de la planta. Para cada fase se desarrolla una determinada metodología, con la cual se hace posible el cumplimiento de los objetivos trazados.

En este orden de ideas, el presente Trabajo Especial de Grado consta de un primer capítulo denominado Fundamentos de la Investigación, el cual está constituido por el planteamiento del problema y los objetivos; aquí se delimita en forma clara y precisa el alcance de la investigación. En el segundo capítulo designado como Marco teórico referencial se realiza una descripción de los antecedentes del estudio y se enmarcan las bases teóricas que sustentan al mismo. Seguidamente, en el tercer capítulo titulado Marco Metodológico se explican los procedimientos llevados a cabo para alcanzar los objetivos propuestos.

Posteriormente, en el cuarto capítulo correspondiente a la Presentación y Análisis de Resultados se describen los resultados obtenidos en función de la metodología implementada. El quinto capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones, en él

Introducción

se mencionan los aspectos más resaltantes de la investigación y se establecen las recomendaciones pertinentes para mejorar la problemática expuesta.

Finalmente, se presenta la sección de referencias bibliográficas, apéndice y anexos, en donde se plasman todos los cálculos tipo, tablas y gráficas necesarias para complementar la realización de este Trabajo Especial de Grado.

CAPÍTULO I**1. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN****1.1 Planteamiento del Problema**

El agua es el compuesto vital para la alimentación, higiene y actividades del ser humano, es por eso que se debe disponer de agua segura que garantice la protección de la salud del hombre.

Se considera que el agua está contaminada cuando su composición o estado no reúne las condiciones requeridas para los usos para los que se hubiera destinado en su estado natural (Metcalf & Eddy, 1995).

Actualmente, en el mundo entero existe una creciente preocupación por la gran cantidad de contaminantes que se desechan en los cuerpos de agua superficiales y, de acuerdo con el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2002), en Latinoamérica sólo 14% de las aguas residuales provenientes de los alcantarillados de las ciudades reciben tratamiento adecuado, lo que implica un alto riesgo de propagación de enfermedades, especialmente en niños. Venezuela no escapa de esta grave problemática, que afecta tanto a los seres humanos como a todos los componentes de la naturaleza y donde el crecimiento poblacional juega un papel fundamental ya que la población aumenta cada año. Para disminuir la influencia que tiene la población en el aumento de la producción de aguas servidas y a su vez en su adecuado tratamiento, es necesario considerar la construcción planificada de urbanizaciones y caseríos para así evitar la invasión de áreas protegidas o zonas de gran fragilidad ambiental.

El tratamiento de las aguas residuales, se realiza con la finalidad de remover la mayor cantidad de compuestos que pueden causar contaminación; así como también eliminar los microorganismos que generan problemas de salud pública, lo que permite disponer de agua acondicionada y segura, según la normativa ambiental vigente.

Es importante destacar que la composición de las aguas residuales cambia de un lugar a otro, en función de las condiciones socioeconómicas de la población, el clima y otros factores típicos de cada localidad (Cubillos, 1980).

En la actualidad la composición de las aguas residuales municipales, no presenta los mismos parámetros de calidad que en décadas anteriores, esto se debe principalmente a la industrialización, de aquí que prácticamente todos los municipios que se encuentran localizados en zonas industrializadas deben manejar una combinación de aguas residuales domésticas e industriales. Así mismo, la composición de las aguas residuales domésticas se ve afectada por la entrada en el mercado de una serie de productos nuevos, tales como detergentes sintéticos, organo-clorados y otros. Así pues, tratar las aguas residuales de una forma óptima requiere modificaciones del enfoque tradicional (Ramalho, 1993).

En el caso de las poblaciones “Los Próceres” y “La Victoria” del Municipio Freites, Edo. Anzoátegui, conformadas principalmente por los trabajadores de los campos petroleros, se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que data de principios de los años 50’s. Se sabe, según información suministrada por el personal del departamento de planificación de PDVSA, que su población actual es de 11500 habitantes aproximadamente por lo que deberían generarse 1600 L/min de agua, considerando un consumo de 250 L por habitante por día y una pérdida del 20%. Sin embargo, de acuerdo con registros de operación de la planta actualmente ingresan para su tratamiento 3600 L/min, observándose un excedente de 2000 L/min, que incide en los bajos valores de $DBO_{5,20}$ cuyos registros los señalan en el orden de 34 mg/L. Esto evidencia el nivel de fugas presente en el sistema de cloacas. Por otro lado, dada la falta de datos referentes al diseño original de la planta, se ignora su caudal de diseño.

Aunque la planta se encuentra en funcionamiento, tiene inoperativas algunas de sus etapas. Por ejemplo, en la etapa preliminar están las rejillas de cribado y el equipo desarenador, ambos equipos están en deterioro considerable; las rejillas se encuentran muy corroídas y no logran separar los sólidos gruesos que posteriormente causan daños a los equipos aguas abajo, por su parte, el desarenador, que está

inoperativo, permite el paso de gran cantidad de sedimentos (arena) a los separadores lo que produce taponamiento de las tuberías de descarga, especialmente en períodos lluviosos, cuando se desplaza mayor cantidad de arena y sedimentos producto de la erosión, lo que impide realizar el tratamiento adecuado a los efluentes provenientes de dichas comunidades. Aun presentándose esta situación, y por las razones antes expuestas, de acuerdo con los análisis realizados por la empresa Eurolab Services, con fecha de captación del día 04/04/13, la mayoría de los parámetros analizados se encuentran dentro del rango permitido por lo que se puede decir que la planta cumple con el Artículo 10 de la Gaceta Oficial Extraordinaria 5.021 Decreto 883 “Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos”, dicho artículo se relaciona con los vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta a ríos, estuarios, lagos y embalses. Cabe destacar que las muestras analizadas fueron tomadas tanto al agua que ingresa, como a la de descarga, y ambas reportaron resultados que se encuentran dentro de la norma. Estos resultados, el número de habitantes que conforman las comunidades en estudio y el caudal que ingresa a la planta, permiten inferir que el agua a tratar se encuentra muy diluida, posiblemente por la presencia de fugas importantes dentro de la población. Otra observación que se debe resaltar es el hecho de que existe una tubería por donde son retirados los flóculos y lodos generados en los separadores. Esta tubería vierte el material sin ser tratado directamente al ambiente, generando un daño irreversible a éste y en consecuencia a las comunidades adyacentes, ignorantes de la situación.

En este sentido, el presente Trabajo Especial de Grado plantea proponer mejoras que conduzcan a optimizar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades "Los Próceres" y "La Victoria" del Distrito San Tomé, Municipio Freites del Estado Anzoátegui, mejorando y rediseñando etapas, introduciendo nuevas tecnologías, entre otras, con el fin de dar un correcto tratamiento a las aguas residuales provenientes de dichas comunidades evitando así generar daños al ambiente y en general a la población. Para los cálculos de evaluación y diseño se tomará una población, estimada por el departamento de planificación de

PDVSA a 25 años, de 15000 habitantes, la cual genera un caudal medio de 2080 L/min.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GENERAL

- ✓ Proponer mejoras técnicas y estructurales que conduzcan a optimizar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las Comunidades "Los Próceres" Y "La Victoria" Del Distrito San Tomé.

1.2.2 ESPECÍFICOS

1. Identificar las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales.
2. Establecer el desempeño operacional de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las Comunidades "Los Próceres" Y "La Victoria", bajo las condiciones en las que se encuentra actualmente e identificar las posibles limitaciones.
3. Generar propuestas de modificación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las Comunidades "Los Próceres" Y "La Victoria" que permitan obtener mejoras en las características finales del agua y que además se adapte a los requerimientos actuales y futuros de la misma.
4. Formular un plan de mantenimiento preventivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las Comunidades "Los Próceres" Y "La Victoria" que garantice el buen funcionamiento de la misma a lo largo del tiempo.

CAPÍTULO II**2 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL****2.1 Antecedentes de la Investigación**

El tratamiento de las aguas residuales es una necesidad evidente de la población actual, debido al peligro que éstas representan para la salud y el ambiente.

Con el fin de ampliar los conocimientos previos, antes de ahondar en esta investigación, se hace necesario conocer algunos estudios, investigaciones y trabajos que se han hecho anteriormente con respecto al tema que se plantea desarrollar. A continuación se mencionan, los estudios e investigaciones que, de acuerdo con las características de esta investigación referente al tratamiento de aguas residuales, servirán de sustento al presente Trabajo Especial de Grado.

NIETO Y PELAY (2011) En su trabajo especial de grado titulado “Propuesta de modificación de los sistemas pilotos que conforman la planta experimental de tratamiento de aguas de la Universidad Central de Venezuela”, a través de análisis y comparación de los resultados obtenidos en los estudios desarrollados en dicha planta, determinaron los rangos de operación de los sistemas de tratamiento pilotos concebidos en el diseño original de la planta, los cuales son: sedimentador primario, lagunas de estabilización, lodos activados, lechos biopercoladores, digestores anaeróbios y lechos de secado. Asimismo, este trabajo permitió comprobar que no son necesarias modificaciones estructurales significativas en el diseño de las unidades, ya que las dimensiones de éstas se corresponden con las requeridas para permitir amplia flexibilidad de operación. Por otro lado, se recomienda el ajuste del sistema de tuberías, bombas, válvulas y la actualización de los sistemas mecánicos asociados a cada una de las unidades, que faciliten la conectividad y el adecuado funcionamiento hidráulica de las mismas.

TORO (2007), por su parte, en su tesis de grado titulada “Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira. Sector los Anaucos norte, cortada de Maturín. Estado Miranda”, estimó la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales de carácter doméstico en dicho ancianato, se estudió una población de 94 habitantes, el caudal medido durante el muestreo fue

de 24 L/min, se supuso un caudal nocturno despreciable por lo que el caudal promedio fue de 12,4 l/min. Estas aguas son sometidas al sistema de tratamiento existente, el cual consiste en un proceso de lodos activados del tipo aireación extendida, el efluente tratado es destinado para el uso de riego y para descargar a un pequeño río o quebrada que tiene su cauce muy cerca del ancianato. Para poder estimar la eficiencia del sistema de tratamiento, fue necesario preparar las muestras compuestas durante tres días distintos para ser analizadas en el laboratorio de la planta experimental de aguas de la UCV. En cuanto a los resultados se tiene que la DBO es 213 mg/L aprox, la DQO es de 340 mg/L y la relación DBO/DQO es 0,63. Los aportes unitarios registrados en cuanto a materia orgánica carbonácea (DBO y DQO) son 39 g/p.d y 63 g/p.d respectivamente.

Todos los análisis fueron analizados mediante los métodos estándar (APHA-AWWA-WEF), 1998. Se analizaron los parámetros físicos, químicos y biológicos más importantes regidos por el decreto 883. En este sentido el efluente cumple con los parámetros físico-químicos establecidos en la normativa, pero no con los biológicos ya que se evidenció la presencia de organismos coliformes totales y fecales en el efluente tratado. Una vez realizados los análisis correspondientes, se obtuvo que la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales evaluado, en cuanto a los porcentajes de remoción de DBO, DQO, nitrógeno, detergentes, aceites y grasas, porcentajes de remoción mayor a 75%, lo cual evidenció que el sistema es eficiente en cuanto a la remoción de los parámetros antes mencionados. Adicionalmente se plantearon una serie de propuestas que permitirán un mejor funcionamiento de la planta de tratamiento instalada en el ancianato entre las cuales están: revisar el proceso de desinfección en el tratamiento y un manual de operación y mantenimiento, con los controles rutinarios a seguir por el operador de manera que garantice la calidad del vertido.

CÁRDENAS Y COLABORADORES (2005) realizaron una investigación titulada “Evaluación de las Unidades que Conforman la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Maracaibo Sur”. El objetivo de este estudio fue evaluar una planta de tratamiento de aguas residuales, en estado estacionario, ubicada en una región de

clima tropical. Dicha planta consta de una serie de lagunas de estabilización distribuidas como sigue: dos módulos anaerobios en paralelo, una laguna facultativa, dos lagunas de maduración en serie y una laguna utilizada como depósito del efluente. Para ello, se realizaron una serie de 30 muestreos durante 9 semanas a la entrada y salida de la planta, para así evaluar la eficiencia de tratamiento del sistema. Se midieron valores in situ de pH, OD y temperatura; y en el laboratorio los de $DBO_{5,20^{\circ}C}$, DQO, P-total, NTK, N-amoniaco, SST, SSV, nitritos y nitratos, CT y CF. Los análisis se realizaron siguiendo métodos estandarizados. Se obtuvieron los siguientes valores de remoción: $DBO_{5,20^{\circ}C}$ (77%), DQO (37%), P-total (29%), NTK (56%), N-amoniaco (86%), SST (87%) SSV (84%), CT (6 unidades logarítmicas) y CF (5 unidades logarítmicas). La generación de nitritos y nitratos obtenida no fue relevante. Según la normativa ambiental venezolana vigente (Decreto N° 883), el efluente de la planta es apto para ser usado con fines agrícolas y/o para ser descargado a un cuerpo de agua, en este caso, el Lago de Maracaibo.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Aguas Residuales:

De acuerdo con la Norma para la Clasificación de la Calidad de los Cuerpos de Agua o Efluentes Líquidos en Venezuela de fecha 11 de octubre de 1995 (Decreto N° 883, 1995) las aguas servidas se definen como: Aguas utilizadas o residuales provenientes de una comunidad, industria, granja o establecimiento, con contenido de materiales disueltos y suspendidos.

“Las aguas residuales pueden definirse como las aguas provenientes del sistema de abastecimiento de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado (Borja M, 2011).

Según (Metcalf & Eddy, 1995), toda comunidad produce residuos tanto líquidos como sólidos; la parte líquida de los mismos (aguas residuales) es esencialmente el agua contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada por la comunidad.

2.2.1.1. Composición de las Aguas Residuales

La composición de las aguas residuales de una comunidad depende de la procedencia que éstas tengan (Gordon, 1987), en este sentido se puede decir que las aguas residuales están compuestas por:

- ✓ **El drenaje doméstico:** Es el agua residual proveniente de las cocinas, baños y sanitarios. Además de los minerales orgánicos, originalmente contenidos en el agua suministrada a la comunidad, se agrega un cúmulo de materias fecales, papel, jabón, suciedad, restos de alimentos y otras sustancias contaminantes, lo que hace que el agua se contamine.
- ✓ **Las aguas residuales industriales:** Estas aguas varían en su composición de acuerdo con las operaciones de la industria. Algunas son aguas de enjuague relativamente limpias, otras se encuentran fuertemente cargadas de materia

orgánica o mineral, o con sustancias corrosivas, venenosas, inflamables o explosivas.

- ✓ **Las infiltraciones y aportaciones incontroladas:** Son aguas que entran tanto de manera directa como indirecta a la red de alcantarillado. La infiltración hace referencia al agua que penetra al sistema a través de juntas defectuosas, fracturas, grietas o paredes porosas.

2.2.1.2. Características de las aguas residuales domésticas:

De acuerdo con (Romero J., 2001), la caracterización de las aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados. Hay que recordar que cada agua residual es única en sus características; sin embargo, existen caracterizaciones típicas de aguas residuales que resultan útiles como referencia de los parámetros de importancia a analizar y su magnitud. Las características físicas y químicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitrógeno y fósforo; a continuación, en la tabla N°1, se muestran los valores típicos de cada uno de estos parámetros para un agua residual doméstica:

Tabla N°1. Características de un agua residual doméstica típica.

Parámetro	Magnitud (mg/L)
DBO	200
DQO	400
Sólidos suspendidos totales	200
Sólidos suspendidos volátiles	150
Nitrógeno amoniacal	30
Ortofosfatos	10

Fuente: Romero J. (2001). P. 21

2.2.1.3 Tratamiento de Aguas Residuales:

Ramalho (1993) en su introducción, expresa, que el instinto de conservación de las especies es una motivación básica para la humanidad, y el hombre está equipado para corregir el deterioro del ambiente antes de que sea demasiado tarde. De hecho, la corrección de la contaminación no es un problema técnico de gran dificultad comparado con otros, mucho más complejos, resuelto con éxito en décadas pasadas, tal como la exploración de la luna por el hombre. Esencialmente, el conocimiento técnico básico requerido para resolver el problema de la contaminación está ya a disposición del hombre. Las aguas residuales son muestra de la contaminación, es por ello que requiere de su tratamiento.

El tratamiento de aguas residuales es un proceso por el cual los sólidos contaminantes contenidos en el líquido, son separados parcialmente o transformados, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrescibles queden convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables.

El agua residual doméstica cruda es putrescible, olorosa, ofensiva y un riesgo para la salud. Si se arrojan aguas residuales crudas a ríos o cuerpos de agua, en exceso de la capacidad de asimilación de contaminantes del agua receptora, éste se verá disminuido en cuanto a su calidad y aptitud para usos benéficos por parte del hombre. De aquí que el objetivo básico del tratamiento de las aguas residuales es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos que conforman la sociedad. (Romero J., 2001)

La complejidad del sistema de tratamiento es, por tanto, función de los objetivos propuestos. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para el tratamiento de aguas, es común hablar de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario o avanzado y desinfección. (Romero J., 2001)

2.2.1.3.1 Pretratamiento:

Tiene como objetivo remover del agua residual aquellos constituyentes que pueden causar dificultades de operación y mantenimiento en los procesos posteriores o que, en algunos casos, no pueden tratarse conjuntamente con los demás componentes del agua residual. (Romero J., 2001)

Para alcanzar los objetivos del tratamiento preliminar se emplean comúnmente los siguientes dispositivos: Rejas de barras, desmenuzadores, desarenadores y tanques de preaireación.

- **Rejillas:** El cribado es la operación utilizada para separar el material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o rejilla. Esta rejilla puede ser de cualquier material agujereado ordinariamente o un emparrillado de barras o varillas de hierro o acero.

De acuerdo con el método de limpieza las cribas pueden ser de limpieza manual o mecánica. Según el tamaño de las aberturas se clasifican como rejillas gruesas o finas.

En el tratamiento de aguas residuales se usan rejillas gruesas, principalmente de barras o varillas de acero, con el fin de proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos del taponamiento o interferencia causados por trapos u objetos grandes. (Romero J., 2001)

- **Desarenadores:** En el tratamiento de aguas residuales, los desarenadores se usan para remover arena grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales. Su objetivo es eliminar todas aquellas partículas con diámetros superiores a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión y así evitar sobrecargas en las fases de tratamientos.

Los desarenadores pueden ser de limpieza manual o mecánica. El tipo de desarenador más usado es el de flujo horizontal, en el cual el agua pasa a lo largo del tanque en dirección longitudinal. (Romero J., 2001)

2.2.1.3.2 Tratamiento Primario

Se refiere comúnmente a la remoción parcial de sólidos suspendidos, materia orgánica u organismos patógenos, mediante la sedimentación u otro medio, y constituye un método de preparar el agua para el tratamiento secundario. Por lo regular, el tratamiento primario remueve alrededor de 60% de los sólidos suspendidos del agua residual cruda y entre un 35 a 40% de la DBO. (Romero J., 2001)

- **Sedimentador Primario:** Se denominan tanques primarios de sedimentación, aquellos que reciben aguas residuales crudas, generalmente antes del tratamiento biológico secundario. Estos tanques pueden ser rectangulares o circulares. Su función es lograr que el material sólido suspendido sedimentable se deposite en el fondo del tanque para luego ser retirado en forma de lodos que luego son tratados y preparados para su disposición. (Romero J., 2001)

2.2.1.3.3 Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario convencional se usa principalmente para la remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos e incluye, por ello, los procesos biológicos de lodos activados, lechos percoladores, sistemas de lagunas y sedimentación. (Romero J., 2001)

Los sistemas de tratamiento secundario se clasifican de forma amplia en:

- Medios fijos
- Medios en suspensión
- Medios duales. (Kiely, 1996)

A continuación se desarrollan los aspectos más relevantes de los principales tratamientos secundarios:

✓ Sistemas de Medios fijos

Los sistemas de medios fijos se definen como aquellos procesos aerobios y anaerobios que obtienen una alta concentración de microorganismos a través del recirculado de sólidos biológicos. Los organismos bacterianos transforman la carga orgánica biodegradable de las aguas residuales y ciertas fracciones inorgánicas en nueva biomasa y otros productos no contaminantes como el agua o el dióxido de carbono. Entre ellos se encuentran:

○ Lechos percoladores

Son sistemas versátiles, capaces de tratar un residuo de baja carga orgánica y obtener un efluente de alta calidad o de actuar como pretratamiento para aguas residuales de alta carga orgánica. (Kiely, 1996)

○ Biotorres

Las torres de lecho bacteriano o biotorres utilizan un relleno plástico alcanzándose carga tanto hidráulica como orgánica superiores a los lechos percoladores de piedra. Estas unidades se emplean principalmente con aguas residuales industriales y son frecuentes en la industria láctea. (Kiely, 1996)

✓ Sistemas de Medios en suspensión

Los sistemas de medios en suspensión, y en particular los sistemas convencionales de lodos activados por flujo en pistón, son los procesos más comunes para el tratamiento tanto de las aguas residuales urbanas como industriales. Entre estos se encuentran:

○ Lodos activados.

Las plantas de lodos activados usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remuevan sustancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede convertir amoníaco en nitritos y nitratos, y en última instancia en gas nitrógeno. (Kiely, 1996)

Los sistemas de lodos activados más comunes son:

- Mezcla completa.
- Aereación Extendida

- Convencionales.

○ **Laguna**

En el sistema de tratamiento por lagunas la depuración del agua residual se logra básicamente por sedimentación de la materia orgánica en suspensión y por la labor de oxidación bioquímica de los microorganismos, tanto en los lodos retenidos como en la materia orgánica que se encuentra en disolución. (Kiely, 1996).

✓ **Sistemas Duales:**

Los sistemas duales emplean dos etapas con procesos de cultivos fijos y cultivos en suspensión con el objetivo de conseguir un efluente que cumplan con estándares de alta calidad. (Kiely, 1996)

2.2.1.3.4 Tratamiento terciario:

Este tratamiento supone, generalmente, la necesidad de remover nutrientes para prevenir la eutrofización de las fuentes receptoras o de mejorar la calidad de un efluente secundario con el fin de adecuar el agua para el reúso.

✓ **Remoción de nutrientes:** Las aguas residuales pueden contener altos niveles de nutrientes que, en cierta forma, pueden causar impacto en la calidad del agua que los recibe.

Los principales nutrientes presentes suelen ser nitrógeno y fósforo, el nitrógeno puede estar presente en las aguas residuales en forma orgánica, amoníaco, nitritos o nitratos. El fósforo por su parte, se encuentra en forma orgánica, como ortofosfato inorgánico o como fosfatos complejos; es por ello, que en este tratamiento se elimina fundamentalmente nitrógeno y fósforo.

○ **Remoción de nitrógeno:** La eliminación biológica de nitrógeno en un proceso que se lleva a cabo en dos etapas. En la primera etapa el amoníaco, que proviene de la orina en su mayoría, se oxida biológicamente a nitrato, pasando por nitritos, (nitrificación en condiciones aerobias mediante la acción de bacterias nitrificantes), en el segundo paso, el nitrato se reduce a nitrógeno gaseoso y óxido de nitrógeno, el cual se deja escapar del sistema (desnitrificación en condiciones

anóxicas mediante la acción de bacterias desnitrificantes, microorganismos facultativos eterótrofos). (Crites Tchobanoglus, 2000; Kiely, 1996)

○ **Remoción de fósforo** La remoción de fosforo se lleva a cabo mediante la adición de precipitantes químicos o por acción de microorganismos. La separación incrementada de fosforo, ocurre en procesos donde existen las condiciones alternadas tanto anaerobias como aerobias, se ha establecido que bajo condiciones anóxicas, es decir a niveles cero o muy bajos de oxígeno disuelto, la biomasa libera fosforo en el licor en forma de ortofosfatos solubles. Por otro lado, bajo condiciones aerobias favorables, es decir con altas tasas de aireación, esta biomasa, previamente despojada del fosforo, consume fosforo en una escala más alta. Este fosforo así separado corresponde no solamente al que había sido liberado en solución bajo las condiciones anóxicas, sino también a un incremento que representa una fracción considerables del fosforo que entra en el afluente. (Ramalho, 1993)

2.2.1.3.5 Desinfección:

El propósito de la desinfección es destruir, mediante procesos físicos y químicos, microorganismos patógenos (bacterias, virus y protozoos) presentes en agua que se descargará nuevamente al ambiente. La efectividad de la desinfección depende, por un lado de la calidad del agua que es tratada, por otro lado del tipo de desinfección que es utilizada, así como de la dosis de desinfectante y de otras variables ambientales. Generalmente tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos, influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección son: las lagunas de maduración, la cloración, el ozono y la luz UV, entre otros. Esta etapa se hace necesaria cuando los efluentes de los sistemas de tratamiento sobrepasa lo estipulado por la normativa vigente, tanto para coliformes fecales y totales el valor máximo es de 1000 NMP (Decreto N° 883, 1995).

✓ **Lagunas de maduración:** También son llamadas lagunas de pulimento, son estanques utilizados en el tratamiento de desinfección, diseñados exclusivamente para reducir los gérmenes patógenos; estas lagunas operan al menos como lagunas

secundarias, es decir, como mínimo el agua residual ha debido pasar por otro tratamiento antes de ser introducida en ellas. A veces se construyen como etapa final del tratamiento de otros sistemas de depuración, como lodos activados, con lo que sustituyen a la cloración, que suele ser el método más común de desinfección en estos sistemas. Además de su efecto desinfectante, las lagunas de maduración cumplen otros objetivos, como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado. La alimentación de estas lagunas presenta un alto grado de estabilización de la materia orgánica, por lo que, la demanda de oxígeno disuelto es mucho menor que en las facultativas, y la fotosíntesis y aireación superficial permiten obtener un ambiente aerobio en toda la columna de agua (Borja M, 2011).

✓ **Cloración:** Este es un método de tratamiento que puede emplearse para muy diversos propósitos, entre los que destacan: desinfección o destrucción de organismos patógenos, prevención de la descomposición de las aguas residuales, protección de las estructuras de la planta.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales debido a su bajo costo; sin embargo, tiene una desventaja ya que puede generar compuestos organo-clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. (Kiely, 1996)

✓ **Ozono:** El ozono es un compuesto muy inestable y reactivo, por lo que oxida la mayoría del material orgánico con el cual entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades. La desinfección con ozono produce menos subproductos que la realizada con cloro, por lo que puede considerarse no residual; sin embargo, para la generación de ozono se requiere de un equipo altamente costoso así como de operadores especializados.

✓ **Luz Ultravioleta:** La Luz Ultravioleta (UV) está tomando importancia como método de desinfección, debido a los impactos que genera el cloro en el tratamiento de aguas residuales y el impacto de éste en las aguas receptoras. La radiación UV es capaz de dañar la estructura genética de las bacterias, virus y otros patógenos,

haciéndolos incapaces de reproducirse. No obstante, la desinfección con radiación UV requiere de un riguroso mantenimiento y reemplazo frecuente de la lámpara, lo que encarece el tratamiento. Además se asegura que los microorganismos presentes en el agua a tratar no están blindados, por lo que el efluente debe estar altamente tratado, ya que cualquier sólido presente en dicho efluente puede proteger microorganismos contra la incidencia de los rayos UV.

2.2.1.3.6 Tratamiento de los Lodos

Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se producen en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separa con ellos. Este tratamiento tiene dos objetivos, primero, eliminar parcial o totalmente el agua que contienen los lodos, para disminuir su volumen en fuerte proporción y, segundo, descomponer todos los sólidos orgánicos putrescibles transformándolos en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables.

Los métodos y procesos de tratamiento dependen de los constituyentes a remover y del grado de remoción de los mismos, tomando en cuenta los niveles de tratamiento (Tchobanoglous, 2000).

En Venezuela, estos lodos una vez tratados y acondicionados, son confinados en vertederos municipales o reutilizados como acondicionadores de suelos.

2.2.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales:

Una planta de tratamiento de agua residual es un conjunto de estructuras y unidades en donde se remueven parcial o totalmente los contaminantes contenidos en el agua. Esto se logra mediante la utilización de diversos procesos dispuestos en orden creciente de complejidad. (Comisión Estatal del Agua en Jalisco, CEAJ, 2013)

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de:

- Las características del agua cruda.
- La calidad requerida del efluente.

- La disponibilidad del terreno.
- Costos de construcción y operación del sistema de tratamiento.
- La confiabilidad del sistema de tratamiento
- La facilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes.

La mejor alternativa se selecciona con base en el estudio individual de cada caso, de acuerdo con la eficiencia de remoción requerida y los costos de cada una de las posibles soluciones técnicas.

2.2.2.1 Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales:

El tratamiento de aguas residuales abarca un escenario muy amplio de problemas porque incluye una gran variedad de afluentes y unos requisitos de efluentes y de métodos de disposición muy diferentes.

De acuerdo a análisis exhaustivos, los principales factores de importancia en la selección de procesos y operaciones de tratamiento son los siguientes:

- **Factibilidad:** El proceso debe ser factible y por consiguiente compatible con las condiciones de dinero disponible, terreno existente y aceptabilidad de la comunidad que va a atender.
- **Aplicabilidad:** El proceso debe ser capaz de proveer el rendimiento solicitado, es decir, estar en la capacidad de producir un efluente con la calidad requerida para el rango de caudales previsto.
- **Confiabilidad:** El proceso debe ser lo más confiable posible, esto es, que sus condiciones óptimas de trabajo sean difíciles de alterar, que tenga capacidad de soporte de cargas y caudales extremos y mínima dependencia de tecnología u operación compleja.
- **Costos:** El proceso ha de ser de costo mínimo. La comunidad debe estar en capacidad de costear todos los componentes del sistema de tratamiento, así como su operación y mantenimiento.

- **Característica del afluente:** Éstas determinan la necesidad de pretratamiento, tratamiento primario o secundario, tipo de tratamiento (físico, químico, biológico o combinado), necesidad de neutralización o de igualamiento, así como el tamaño, cinética y tipo de reactor.
- **Procesamiento y producción de lodos:** La cantidad y calidad del lodo producido determina la complejidad del tratamiento requerido para su adecuada disposición. Procesos sin problemas de tratamiento y disposición de lodos son ideales.
- **Requerimiento de personal:** Procesos sencillos requieren menos personal, menos adiestramiento profesional, y por tanto, son más ventajosos. (Romero J., 2001)

2.2.3 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las comunidades “Los Próceres” y la “Victoria” del Distrito San Tomé, Municipio Freites

El objeto de este estudio es justamente la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y la “Victoria” del Distrito San Tomé, Municipio Freites Estado Anzoátegui, a continuación se desarrollan los aspectos más relevantes asociados a ella:

2.2.3.1 Reseña Histórica:

San Tomé, es el centro de la industria petrolera en los llanos de Anzoátegui, esta parroquia se encuentra ubicada en La ciudad de Cantaura del Municipio Autónomo Pedro María Freites, a 14km del este de El Tigre, fue construido en los años 50 por la compañía Mene Grande (que luego pasó a ser Meneven, antes de la unión de todos los filiales bajo un solo nombre: Petróleos de Venezuela) como el centro administrativo y operacional para los campamentos petrolíferos de Anaco-Oficina. En su jurisdicción opera PDVSA Distrito San Tomé, que se divide en dos campos, Campo Norte y Campo Sur, cuenta con escuelas, el aeropuerto Don Edmundo Barrios, hospital, complejos culturales, la UNEFA, campo golf, además de un

sistema de acueductos y alcantarillado que evita la acumulación de aguas en sus alrededores. Dada la necesidad de tratar las aguas provenientes de los campamentos establecidos se construye, en el año 1953, una planta de tratamiento de aguas residuales concebida para atender la población existente en ese momento; sin embargo, su diseño contempló el aumento poblacional futuro, construyéndola para tratar las aguas generadas por una población de 15000 habitantes. Desde sus inicios hasta el año 2005 la planta operó sin inconveniente, pero desde el momento en que PDVSA tomó la administración de las operaciones del Distrito San Tomé, la planta fue abandonada y posteriormente saqueada. Algunas de las etapas quedaron operativas y con ellas la planta se ha mantenido activa. En vista de la necesidad de retomar las operaciones y recuperar su funcionalidad, en el año 2012 PDVSA contrata a la Compañía P y F, C.A., pero el nivel de contratación no fue suficiente para realizar cambios sustanciales a dicha planta, por lo que aún opera bajo condiciones insuficientes.

2.2.3.2 Descripción de la planta:

La planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” abarca una extensión de 91400 m²; esta planta posee un sistema de cribado constituido por una rejilla ubicada a la entrada del sistema de tratamiento, un sistema de desarenado mecánico tipo cadena, dos separadores primarios, un sistema de lecho percolador, dos separadores secundarios, un digestor anaerobio, 5 lechos de secado y 3 lagunas de maduración, actualmente maneja un caudal medio de 3600 L/min. A continuación se muestra la función de cada uno de los equipos:

TABLA N°2. Dimensiones y función de los equipos existentes en la actualidad en la PTAR de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé Edo Anzoátegui.
Fuente: Los Autores.

Equipo	Función
Rejilla de Cribado	El cribado, busca separar el material suspendido de gran tamaño, esto se logra al hacer pasar la corriente de agua a través de una rejilla. Con él se procura proteger el equipo de bombeo que se encuentra aguas arriba del proceso.
Desarenador	El objetivo del desarenado es eliminar todas aquellas partículas con diámetros superiores a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión y para evitar sobrecargas en las fases de tratamientos.
Sedimentadores Primarios	Son aquellos que reciben las aguas crudas, generalmente antes del tratamiento biológico, su función es lograr que el material sólido suspendido sedimentable se deposite en el fondo del tanque para luego ser retirado en forma de lodos que luego son tratados y preparados para su disposición.
Lecho Biopercolador	El lecho biopercolador tiene por objeto reducir la carga orgánica existente en las aguas residuales domésticas o industriales. Consiste en un lecho de piedras u otro medio natural o sintético, sobre el cual se aplican las aguas residuales con el consecuente crecimiento de microorganismos, lamas o películas microbiales sobre el lecho.
Sedimentadores	Estos tanques son los que reciben las aguas después que atraviesan el tratamiento secundario, al

<p>Secundarios</p>	<p>igual que los sedimentadores primarios, su función es lograr que el material sólido suspendido sedimentable se deposite en el fondo del tanque para luego ser retirado en forma de lodos que luego son tratados y preparados para su disposición.</p>
<p>Digestor de Lodos</p>	<p>La digestión de lodos se aplica con el propósito de producir un compuesto final más estable y eliminar cualquier microorganismo patógeno presente en el lodo crudo ya que éste está compuesto por la materia orgánica contenida en el agua cruda, en forma diferente pero también susceptible a descomposición. La digestión anaerobia se utiliza principalmente para estabilizar los lodos primarios y secundarios. (Romero J, 2001)</p>
<p>Lechos de secado de lodos</p>	<p>Los lechos de secado de arena se utilizan para reducir el contenido de humedad de los lodos de forma natural, generalmente es un lecho rectangular poco profundo con fondos porosos sobre un sistema de drenaje, el lodo se aplica sobre el lecho en capas de 20m a 30 cm y se deja secar. El desaguado se efectúa mediante el drenaje de las capas inferiores y evaporación de la superficie por acción del sol y el viento.</p>
<p>Lagunas de maduración</p>	<p>Son estanques utilizados en el tratamiento de desinfección, diseñados exclusivamente para reducir los gérmenes patógenos; estas lagunas operan al menos como lagunas secundarias, es decir, como mínimo el agua residual ha debido pasar por otro tratamiento antes de ser introducida en ellas. Además de su efecto desinfectante, las lagunas de maduración cumplen otros objetivos, como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado.</p>



Figura N° 1. Vista aérea de planta de tratamiento de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé.

Fuente: Google earth (2014)

2.2.3.3 Descripción del proceso de tratamiento de las aguas residuales:

La planta fue concebida con el fin de cumplir el siguiente proceso:

En la etapa de pretratamiento, las aguas crudas entran al sistema y pasan por un sistema de cribado donde se le retira los materiales sólidos de gran tamaño (madera, vasos, trapos, entre otros), una vez retirado el material sólido, el agua pasa a los desarenadores donde se precipitan las arenas finas y gruesas. Posteriormente el agua pre-tratada es enviada a los separadores primarios donde, los lodos y natas son retirados y enviados a los digestores anaerobios, en los cuales, por la presencia de bacterias y la ausencia de oxígeno, prevalece la flora anaeróbica y transforma la materia orgánica en gas metano, CO₂ y calor, el lodo restante es enviado a los lechos de secado para disminuir su humedad y darles finalmente una disposición adecuada. El agua tratada es enviada a una estación de bombeo, desde donde se envía al sistema

de lechos percoladores con el fin de biodegradar la materia orgánica y luego enviarla al separador secundario, los lodos aquí generados también se envían al digestor. Por último el agua fluye a las lagunas de maduración para lograr seguir disminuyendo la presencia de microorganismos (desinfección). A continuación se muestra el Diagrama de Bloques del Proceso:

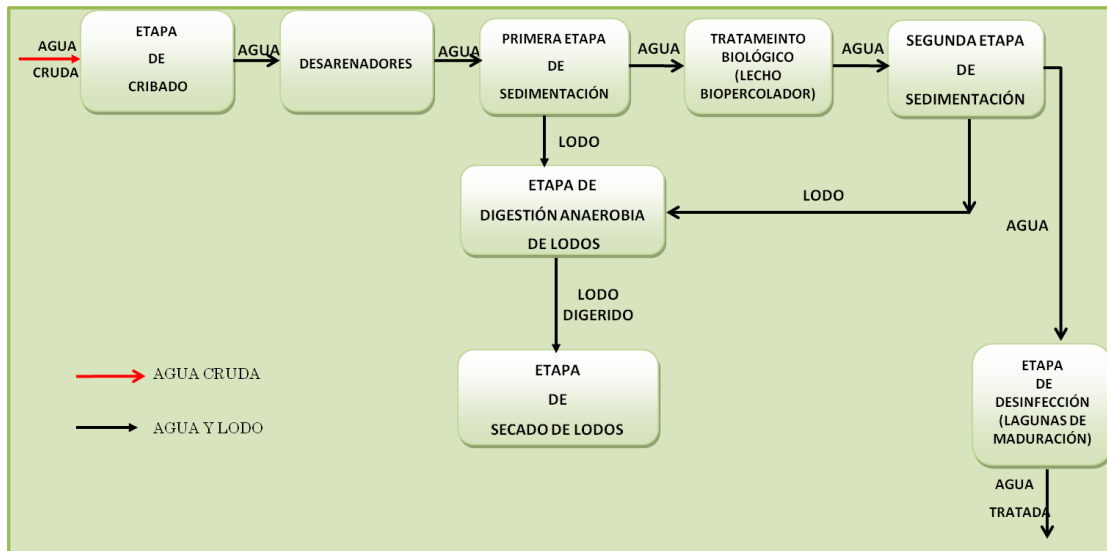


Figura N°2. Diagrama de Boques de Proceso del Tratamiento de Aguas Residuales original
Fuente: Los Autores

Actualmente algunos equipos de las etapas que conforman el sistema, se encuentran en considerable deterioro, razón por la cual están fuera de operación; sin embargo, la planta aún está en funcionamiento, solo que el proceso que se lleva a cabo realmente es el siguiente:

En la etapa de pre tratamiento, las aguas crudas entran al sistema y pasan por un cribado, cuyas rejillas se encuentran deterioradas y oxidadas por lo que gran cantidad de sólidos gruesos pasan a la etapa de desarenado. En el desarenador se precipitan las arenas finas y gruesas, este equipo tiene las cadenas obstruidas lo que imposibilita el retiro de arena generando acumulación de la misma, posteriormente el agua es fluye a los separadores primarios donde, por acción de las cadenas y tablas, los lodos y flóculos son retirados de forma manual y enviados mediante el uso de una tubería

hacia las adyacencias de la planta. Cabe destacar que en estos momentos se almacena una gran cantidad de arena en la entrada de los sedimentadores, esto generado por el mal funcionamiento del desarenador, el agua tratada es enviada al sistema de lechos percoladores con el fin de disminuir la DBO y luego enviarla al separador secundario, por último el agua fluye a las lagunas de maduración para lograr disminuir la presencia de microorganismos (desinfección). A continuación se muestra el Diagrama de Bloques del Proceso:

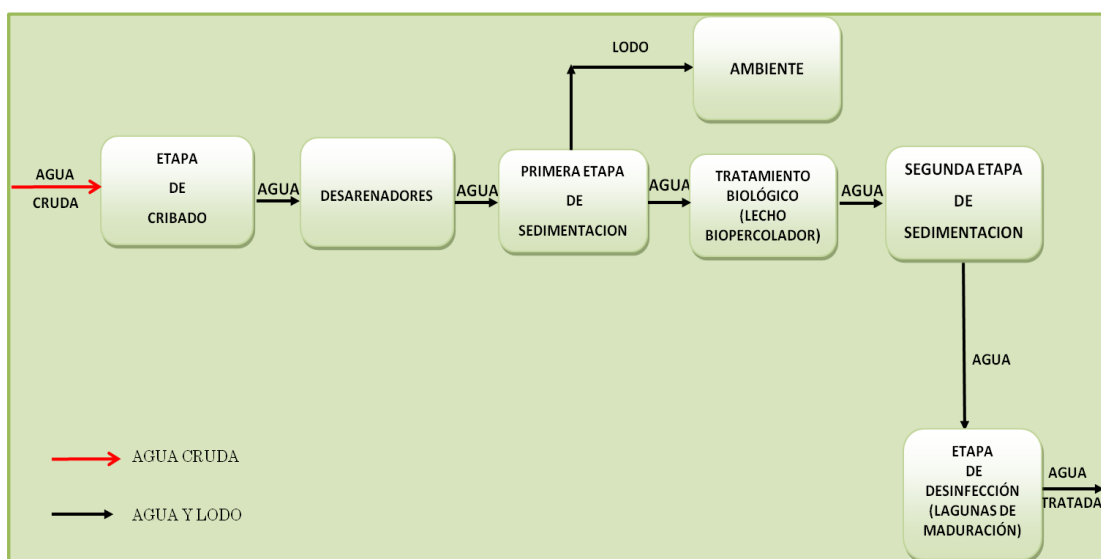


Figura N°3. Diagrama de Boques de Proceso del Tratamiento de Aguas Residuales (Actual)
Fuente: Los Autores

2.2.4 Mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales:

Para que una planta de tratamiento de aguas residuales se encuentre en las mejores condiciones de operación, es necesario realizar su mantenimiento, a continuación se desarrollarán los aspectos más importantes relacionados con este punto:

2.2.4.1. Mantenimiento:

Comprende todas las actividades desarrolladas con el fin de conservar las instalaciones y equipos en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico. Su objetivo básico es procurar contribuir, por todos los medios posibles,

a reducir el costo de la operación de la planta para que ésta cumpla con el objetivo para el cual fue construida y así alargar la vida útil del sistema.

2.2.4.2. Tipos de Mantenimiento:

- ✓ **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una avería que amerite sacarlo de operación de forma imprevista
- ✓ **Mantenimiento Preventivo:** Es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paradas imprevistas. Este sistema requiere de un alto grado de conocimiento y una organización muy eficiente. Este es el tipo de mantenimiento que se ahondara a lo largo de este trabajo. (CEAJ, 2013)

2.2.3.3. Plan de Mantenimiento Preventivo:

Consiste en elaborar un plan de inspección para los diferentes equipos de la planta a través de una buena planificación, programación, control y ejecución de actividades que permitan descubrir y corregir deficiencias que puedan ser causa de daños más graves posteriormente.

De acuerdo con (Ocampo y otros, 2013). Para desarrollar un plan de mantenimiento se deben considerar dos aspectos que son:

- Estrategias de mantenimiento
- Técnicas de monitoreo

✓ **Estrategias de Mantenimiento:**

Para llevar a cabo cualquiera de los tipos de mantenimiento, se consideran cinco estrategias diferentes que son:

- **Mantenimiento Programado:** Las actividades llevadas a cabo mediante esta estrategia se realizan a intervalos de tiempo regulares. Muchas veces se requiere sacar de funcionamiento el equipo. Estas actividades se pueden planear en

función de los repuestos y el personal requerido. Este tipo de mantenimiento es efectivo principalmente cuando la falla es dependiente del tiempo de operación.

- **Mantenimiento Predictivo:** El mantenimiento predictivo no es dependiente de la característica de la falla y es el más efectivo cuando el modo de falla es detectable por monitoreo de las condiciones de operación. Se lleva a cabo en forma periódica y no requiere de la puesta fuera de operación de los equipos.

Entre las técnicas utilizadas en esta estrategia están las inspecciones, la verificación de condiciones y el análisis de tendencias.

- **Operar hasta la falla:** Esta estrategia no requiere de planes por adelantado o de ninguna otra actividad más que asegurar que al momento de la falla se contará con el personal, las herramientas y los repuestos necesarios para atender la emergencia en el menor tiempo posible. Desde todo punto de vista esta es la menos deseable si se emplea como la única a seguir.

- **Mantenimiento de oportunidad:** Esta es una manera efectiva de dar mantenimiento, se hace uso de los tiempos de parada de los equipos debido a otras estrategias empleadas o a parada general de planta; también puede hacerse uso de los tiempos muertos. El esfuerzo que se debe aplicar a esta estrategia puede ser muy efectivo desde el punto de vista económico.

- **Rediseño por Obsolescencia:** Esta es la mejor alternativa cuando las fallas son demasiado frecuentes y la reparación o los repuestos son muy costosos. Si se ejecuta bien, es una actividad de un solo tiempo, todas las demás son actividades repetitivas.

Es importante señalar que para lograr establecer una estrategia que se adapte a las necesidades de la planta, puede ser necesario combinar al menos dos de las estrategias mencionadas anteriormente.

✓ **Técnicas de monitoreo:**

Existen dos tipos de técnicas de medición, aquellas en las que se requiere detener la máquina para efectuar las mediciones, conocidos como métodos invasivos y las que no requieren poner en parada la máquina y se conocen como no invasivas. En el caso

del mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales, se escogerán las técnicas no invasivas. A continuación se definen las técnicas más comunes de monitoreo:

- **Los sentidos humanos:** En este sentido, se usa el tacto, el oído, el olfato y la vista para la detección de fallas ya que existe una gran cantidad de parámetros que se pueden detectar a partir de los sentidos: ruido, vibración, temperatura, luz, olores, entre otros. Muchas veces una apreciación subjetiva obtenida a partir de los sentidos, permite que se inicie un análisis objetivo y exhaustivo de un problema.
- **Técnicas ópticas:** Existe una amplia gama de técnicas que amplían la potencia del ojo humano, esto se hace porque muchas veces se requiere el uso de equipos o instrumentos especializados que faciliten la observación de un equipo específico, algunos de los instrumentos utilizados son lupa, cámara fotográfica, filmadoras, entre otros.

Un plan de mantenimiento tradicional se basa principalmente en la estrategia de “operar hasta la falla”, depende fundamentalmente de la habilidad de reparar rápidamente, la disponibilidad de personal entrenado y contar con los repuestos necesarios y las herramientas adecuadas en el momento en que se presente la falla; sin embargo, esta es quizás la estrategia menos deseada por todos los inconvenientes que ocasiona.

Por otra parte, un plan de mantenimiento moderno, consiste en la combinación de varias estrategias que deben ser escogidas de acuerdo a las características de la planta. En el proceso de desarrollo de un plan de mantenimiento, se debe determinar el mejor procedimiento para cada parte, entendiéndose por parte aquellos equipos que pueden ser reemplazados y que juntos conforman una unidad, es por ello que los procedimientos de las partes se juntan para producir el plan de mantenimiento de la unidad, de allí que el desempeño de la planta y la efectividad de los procedimientos de mantenimiento normalmente se obtienen al nivel de las unidades ya que la disponibilidad de ésta afecta directamente la ejecución de una determinada función,

por lo que se requiere obtener la importancia crítica de cada unidad en el proceso, su disponibilidad, la probabilidad y tipo de falla de cada una de las partes que la constituyen para así seleccionar la estrategia más adecuada.

La aplicación de las estrategias en la confección del plan de mantenimiento requiere de la adquisición de gran cantidad de información relacionada con la planta y su mantenimiento, así como de la adecuada y precisa adquisición de datos de ésta. (CEAJ, 2013)

CAPÍTULO III**3. MARCO METODOLÓGICO****3.1 Identificación de las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales.**

Antes de ahondar y abordar problemas específicos en la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria”, fue necesario conocer en detalle el proceso, por lo que se realizó una descripción general de la planta, así como del proceso de tratamiento que en ella se lleva a cabo. En este sentido, se hizo un levantamiento de la planta para cada una de las etapas que la conforman; durante este levantamiento se logró visualizar las condiciones físicas en las que se encuentra tanto la planta como los equipos presentes en ella, determinando por observación directa el grado de deterioro en el que se encuentran. Debido a la falta de información relacionada con la planta propiamente, como por ejemplo planos o maquetas, se tomaron las mediciones asociadas a cada una de las estructuras que conforman las etapas y se realizó un registro fotográfico con el fin de dejar constancia de las condiciones de los equipos y la planta.

3.2 Establecimiento del desempeño operacional de la planta bajo las condiciones en las que se encuentra actualmente identificando las posibles limitaciones.

Una vez realizado el levantamiento y observado las condiciones generales en que se encuentra la planta, se determinó por observación directa, cuáles equipos están en funcionamiento y cuáles inoperativos, todo esto buscando detectar si en dichas condiciones la planta es capaz de ofrecer un tratamiento óptimo de las aguas residuales que ingresan a ella. Para establecer el desempeño operacional de la planta se requirió conocer la población servida y así determinar el caudal que ésta genera. Debido a que no existen registros que muestren estas estadísticas se procedió, con asesoría del personal de planificación de la empresa PDVSA, a estimar el caudal tomando en cuenta, para la población fija, el número de viviendas existentes, un promedio de habitantes de 5 personas por vivienda, un consumo

de 250 L/personas*día y un factor de reuso de 80%, además se consideró, tomando los mismos principios, el caudal producido por las personas que hacen vida laboral en la zona pero no viven en ella.

3.3 Generación de propuestas de modificación de la planta para su mejora.

El aspecto fundamental de este objetivo, se basa en la necesidad de que cada inversión que se desea realizar esté debidamente sustentada y documentada, donde las soluciones técnicas, ambientales y económico-financieras sean las más ventajosas. En este sentido, se evaluaron cada uno de los equipos por separado y luego en conjunto para así determinar si la planta puede ofrecer un buen tratamiento al agua que genera la población, en este sentido se consideró una población estimada a 25 años, ya que si la planta puede operar de forma óptima para esta población, necesariamente puede ofrecer un buen funcionamiento con la población actual. Este análisis se realizó con la finalidad de ofrecer propuestas que garanticen que la planta logre operar en forma segura, responsable y confiable a lo largo del tiempo, adaptándose a las necesidades de la población y considerando además las leyes ambientales que regulan el vertido de los efluentes en cuerpos de agua.

3.4 Formulación de un plan de mantenimiento preventivo de la Planta.

Con la formulación del plan de mantenimiento preventivo para la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” se busca mantener los equipos, maquinarias y etapas que la conforman en óptimas condiciones de operación a lo largo de su vida útil.

En este trabajo, para poder desarrollar un plan de mantenimiento preventivo de la planta estudiada que se adecúe a las necesidades de la misma, se necesitó realizar una serie de de visitas técnicas a fin de detectar por observación directa el grado de deterioro (corrosión, ausencia de piezas) presente, así como las presencia de maleza y basura en sus inmediaciones, en este sentido se realizó un registro fotográfico que dejara constancia de lo observado.

También fue necesario conocer los inconvenientes operacionales más comunes que presentan las diferentes etapas. En esta planta se carece de un registro formal donde se encuentre esta información por lo que se procedió a investigar estos inconvenientes en equipos y etapas de plantas con características similares a las de la planta en estudio y con esa información se procedió a elaborar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo.

3.5 PLAN DE TRABAJO

Tabla N° 3. Plan de trabajo de la investigación
Fuente: Los Autores

Meses	Actividades	Metas
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	Revisión bibliográfica	- Indagar todo lo concerniente a la investigación y tópicos alusivos que ayuden a una mejor comprensión del tema
3	Redacción del Tomo I	- Plasmar en forma escrita lo concerniente a los capítulos I, II y III del Trabajo Especial de Grado para que sea sometido a revisión
4,5	Visitas técnicas	- Describir en forma general la planta - Describir el proceso de tratamiento que se lleva a cabo. - Levantamiento de la planta. Mediciones. - Registro fotográfico
5,6,7	Cálculos de evaluación y diseño	- Determinar condiciones de operación de cada una de las etapas de la planta. - Generación de propuestas de modificación de la planta.
8	Elaboración del plan de mantenimiento	- Diseñar las estrategias de mantenimiento. - Redactar el plan de mantenimiento.
9,10	Cálculo de costos	- Determinar los costos asociados a la rehabilitación, construcción, mantenimiento y operación de la planta durante un año
11,12	Redacción del Tomo II	- Desarrollar el análisis de los resultados obtenidos, emitir conclusiones y recomendaciones para completar los capítulos I y V del Trabajo Especial de Grado.

CAPÍTULO IV**4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El presente capítulo revela los resultados obtenidos luego de aplicar los procedimientos metodológicos que condujeron al alcance de los objetivos planteados. En función de ello, la sección queda estructurada de la siguiente manera: Identificación de las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria”, establecimiento del desempeño operacional de la Planta bajo las condiciones en las que se encuentra actualmente e identificar las posibles limitaciones, generación de propuestas de modificación de la planta para su mejora y por último formulación de un plan de mantenimiento preventivo de la planta.

4.1 identificación de las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria”

Dada la carencia de información relacionada con las características de diseño de las unidades que conforman la planta y la necesidad de conocer en detalle el proceso bajo el cual fue concebida, se hizo necesario realizar un levantamiento de datos de la misma, con éste se pretendió determinar cuáles y cuántas unidades formaban parte del proceso, así como visualizar las condiciones físicas en que se encontraba cada una de ellas. Durante este levantamiento se tomaron las medidas de cada uno de los equipos y también se realizó un registro fotográfico útil para la elaboración de las fichas de diseño y funcionalidad de éstos, a continuación se muestra la información recabada:

La planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” está conformada por las siguientes unidades:

- 01 Rejilla de cribado o desbaste.
- 01 Desarenador de cadena.
- 02 Sedimentadores primarios.
- 01 Lecho biopercolador.
- 02 Sedimentadores secundarios
- 01 Reactor biológico.
- 05 Lechos de secado de lodos.

- 03 Lagunas de maduración.

A continuación se muestran, en las tablas N° 4 a la N° 13, unas fichas en las cuales se ubican las especificaciones de cada uno de los equipos, imágenes reales donde se visualizan las condiciones físicas y por último una breve descripción de las condiciones en que se encuentran en la actualidad:

Tabla N° 4 Ficha de especificación de la rejilla de cribado actual
Fuente: Los autores




	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapa	Material	Dimensiones			
			Largo (m)	Ancho (m)	N° barras Unidad	Esp. Entre barras (m)
Rejilla de Cribado	Pretratamiento	Hierro	1,0	0,49	9	0,045
			Operatividad y condiciones actuales			
	Las rejillas destinadas a detener los sólidos gruesos que pueden traer consigo las aguas a tratar, presentan corrosión generalizada, lo que ocasionó que con el tiempo algunas de ellas se rompieran y por ende no se logra atrapar gran parte de estos residuos.					
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 5 Ficha de especificación del desarenador de cadena actual
Fuente: Los autores

	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé			
IDENTIFICACION GENERAL					
Descripción	Etapas	Material	Dimensiones		
Desarenador de cadena	Pretratamiento	Concreto y cadena de hierro	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad máxima
			10,90	0,62	1,29
		Operatividad y condiciones actuales			
- El sistema de tratamiento estuvo fuera de operaciones y sin mantenimiento durante un largo tiempo, por lo que el sistema eléctrico-mecánico del desarenador se averió y las cadenas se trancaron, como consecuencia de este deterioro la unidad de desarenado no funciona lo que ocasiona que a la entrada de los separadores se acumule gran cantidad de arena.					
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:		
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez		

Tabla N° 6 Ficha de especificación del Sedimentador primario I actual
Fuente: Los autores

	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapas	Material	Dimensiones			
Sedimentador primario (I)	Tratamiento primario	Concreto	Largo(m)	Ancho(m)	Profundidad (m)	Capacidad (m ³)
			12,10	3,96	2,78	115,00
		Operatividad y condiciones actuales				
El sistema de cadenas presenta un deterioro considerable y parte de ellas están rotas, los motores y engranajes fueron hurtados, por lo que no se logra retirar los lodos del sistema						
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 7 Ficha de especificación del Sedimentador primario II actual
Fuente: Los autores



	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapa	Material	Dimensiones			
Sedimentador primario (II)	Tratamiento primario	Concreto	Largo(m)	Ancho(m)	Prof. (m)	Capacidad (m ³)
			15,30	4,86	2,78	180,00
Operatividad y condiciones actuales						
 <ul style="list-style-type: none"> - El sistema de cadenas presenta un deterioro considerable y en algunas partes están rotas. - Los motores y engranajes fueron hurtados, por lo que no se logra retirar los lodos del sistema, además de ello existe una gran cantidad de malezas en sus alrededores. 						
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 8 Ficha de especificación del Lecho biopercolador actual
Fuente: Los autores

	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapa	Material	Dimensiones			
Lecho Biopercolador	Tratamiento secundario	Concreto	Diámetro(m)	Prof. (m)	Altura de lecho(m)	Diám. de lecho(cm)
			17,70	2,80	1,80	8 – 10
Operatividad y condiciones actuales						
 <ul style="list-style-type: none"> - El sistema de distribución del agua está obstruido, en consecuencia el agua cae en un solo punto del lecho, por lo que puede decir que esta sectorizado. - Presenta gran cantidad de sedimentos y malezas en la superficie - Algunas tuberías están rotas. 						
Fecha	Elaborado por:	Revisado por	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 9 Ficha de especificación del Sedimentador secundario I actual
Fuente: Los autores






	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapa	Material	Dimensiones			
			Largo(m)	Ancho(m)	Prof. (m)	Capacidad (m ³)
Sedimentador secundario (I)	Tratamiento secundario	Concreto	15,60	4,50	2,78	170
			Operatividad y condiciones actuales			
	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema de cadenas presenta un deterioro considerable y en algunas partes están rotas. - Los motores y engranajes fueron hurtados, por lo que no se logra retirar los lodos del sistema, además de ello existe una gran cantidad de malezas en sus alrededores. 					
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 10 Ficha de especificación del Sedimentador secundario II actual
Fuente: Los autores

	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapa	Material	Dimensiones			
			Largo(m)	Ancho(m)	Profundidad(m)	Capacidad (m ³)
Sedimentador secundario(II)	Tratamiento secundario	Concreto	15,60	4,50	2,78	170
			Operatividad y condiciones actuales			
	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema de cadenas presenta un deterioro considerable y en algunas partes están rotas. - Los motores y engranajes fueron hurtados, por lo que no se logra retirar los lodos del sistema, además de ello existe una gran cantidad de malezas en sus alrededores. 					
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 11 Ficha de especificación de los Digestores de lodo actuales
Fuente: Los autores

	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapas	Material	Dimensiones			
Digestor de lodos	Tratamiento secundario	Concreto	Largo(m)	Ancho(m)	Prof. (m)	Capacidad(m ³)
			ND*	ND*	ND*	ND*
		Operatividad y condiciones actuales				
<ul style="list-style-type: none"> - El reactor se encuentra inoperativo. - Presenta un alto grado de contaminación por hidrocarburos. - Las tuberías de entrada y descargas están totalmente obstruidas 						
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

* ND = No Determinado

Tabla N° 12 Ficha de especificación de las lagunas de maduración actuales
Fuente: Los autores

	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé						
IDENTIFICACION GENERAL								
Descripción	Cantidad	Etapas	Dimensiones					
Lagunas de maduración	03	Desinfección	Laguna 1		Laguna 2		Laguna 3	
			Área (m ²)	Prof.(m)	Área (m ²)	Prof.(m)	Área (m ²)	Prof.(m)
			11966	1,5	13652	1,5	10770	1,5
		Operatividad y condiciones actuales						
<ul style="list-style-type: none"> - La laguna N° 1, presenta gran cantidad de sedimentos y malezas. - La N° 2 al igual que la N°3, presentan malezas en sus alrededores. - En la descarga de las lagunas, se puede observar que el agua presenta un color verdoso 								
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:					
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez					

Tabla N° 13 Ficha de especificación de los lechos de secado actuales
Fuente: Los autores

		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química		Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé			
IDENTIFICACION GENERAL							
Descripción	Cantidad	Etapa	Dimensiones				
Lechos de secado	05	Tratamiento de lodos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Volumen (m ³)	
			15,3	6,1	0,55	28	
		Operatividad y condiciones actuales <ul style="list-style-type: none"> - En la actualidad no se usan debido a que los lodos son enviados directamente al ambiente mediante una tubería. - Algunas paredes se encuentran agrietadas. - Requiere de mantenimiento. - El sistema de distribución de lodos presenta corrosión generalizada. 					
Fecha	Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		
15-sep-14	Yusmery Del Valle		Jorge Puerta		Ing. Armando Pérez		

Como se pudo observar, toda la planta requiere de un mantenimiento exhaustivo, mientras que existen equipos que se deben diseñar considerándolos como inexistentes debido a su grado de deterioro como es el caso de las rejillas, o por su clausura como por ejemplo el reactor anaerobio.

4.2 Establecimiento del desempeño operacional de la planta bajo las condiciones en las que se encuentra actualmente e identificar las posibles limitaciones.

La planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria”, del Distrito San Tomé, a pesar de presentar alguna disfuncionalidad en cada una de sus etapas (deterioro de sistemas de cadenas del desarenador y separadores, corrosión generalizada, equipos dañados, sectorización del lecho biopercolador, reactor obstruido y por lo tanto fuera de operación, entre otras), análisis realizados por la empresa Eurolab Services, arrojaron como resultado que, dicha planta cumple con el decreto 883, específicamente lo contemplado en su

artículo 10. Sin embargo, después de evaluar detenidamente el proceso, se pudo determinar que existe una descarga de lodos, procedentes de los separadores, que va directo al ambiente, generando, por una parte un daño irreparable a éste y a las comunidades adyacentes, por otro lado violando la ley penal del ambiente, con lo cual queda evidenciada el desconocimiento por parte de las instituciones públicas encargadas de velar por el correcto manejo de los sistemas de tratamientos de aguas y por el cuidado del mismo.

Durante la investigación se observó que los análisis no solo se realizaron al efluente sino también a la entrada del proceso y algo que llamó mucho la atención es que los resultados de los análisis realizados en este punto arrojaron que el agua analizada también estaba en norma, lo que permite inferir, en principio, que el agua generada se encuentra muy diluida.

En este sentido, se recabó información referente al caudal que maneja la planta actualmente de acuerdo con la cual el caudal promedio que ingresa a ella es de 3600 L/min.

Al indagar con respecto a la población servida se encontró que las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé poseen una población actual de 11500 habitantes. Si se considera un consumo de 250 L/día se debería generar un caudal de 1600 L/min, al comparar este caudal con el que ingresa a la planta en estos momentos, se observa un exceso de 2000 L/min. Calculando el consumo per cápita actual por habitante se deduce que cada persona genera 450 L/día, y si se compara el caudal real con el ideal se deduce que existe un sobreuso del preciado líquido y/o fugas importantes, generándose un consumo de más del doble del esperado, lo que a su vez justifica que el agua que ingresa a la planta se encuentre tan diluida, al punto de estar dentro de la norma del decreto 883.

En otro orden de ideas, al evaluar todas las variables involucradas, se determinó que a lo largo de la investigación no se detectaron limitaciones que impidan la realización de mejoras y ajustes de diseño que permitan lograr el buen funcionamiento de la planta.

4.3 Generación de propuestas de modificación de la planta para su mejora.

4.3.1 Propuestas de modificación:

Después de analizar profundamente el funcionamiento y operatividad de la planta, en aras de determinar si las unidades con las que se cuenta son capaces de cubrir los requerimientos de la población atendida y en ese sentido decidir con respecto a la necesidad o no de rediseñar, ampliar o simplemente realizar mantenimiento a cada una de las etapas, se realizó una evaluación numérica tomando en cuenta los criterios recomendados para cada una de ellos.

Para los cálculos de evaluación y diseño se consideró una población estimada a 25 años. Como las comunidades en estudio forman parte de campamentos petroleros, el crecimiento de ésta no sigue el patrón de crecimiento exponencial, sino que su crecimiento es relativamente lento, se podría decir que lineal, ya que en estas comunidades sólo se ubican trabajadores de la empresa petrolera PDVSA con sus respectivas familias. Adicionalmente a esto, el departamento de planificación de esta empresa informó que no se tiene ningún proyecto de urbanismo programado para estas zonas, para el censo de 1981 la población de estas comunidades era de 4237 personas y un total de 864 viviendas, en la actualidad existen aproximadamente 1500 viviendas, tomando como referencia un grupo familiar de 5 personas por vivienda indica que la población fija es de 7500 personas, también se debe considerar que existe un grupo importante conformado por las personas que hacen vida laboral en San Tomé, este grupo se estima en 4000 personas, lo que indica una población total de 11500 personas. En este orden de ideas, el personal de planificación informó que para el 2040 se estima que la población de las comunidades en estudio sería de

aproximadamente 15000 habitantes. Ahora bien, tomando en cuenta esta población, un consumo de 250 litros diario por persona y un factor de reuso del 80%, se genera un caudal aproximado de 2080 L/min, por lo tanto este será el caudal medio que se utilizará para efectuar los cálculos de diseño y evaluación.

Después de la realización de los cálculos, considerando criterios sugeridos por bibliografías reconocidas, se evaluaron cada uno de los equipos que conforman las etapas del proceso que se lleva a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé y con ello se determinó si esta planta está en capacidad de servir a la población estudiada.

✓ Como se ha mencionado anteriormente, las rejillas constituyen uno de los equipos existentes que mayor deterioro presenta, por lo tanto se requiere construir un nuevo sistema de rejas. De acuerdo con el caudal estudiado, los cálculos indican que las rejas necesarias poseen dimensiones más pequeñas que las existentes, sin embargo como el canal de cribado ya existe, se decidió construirlas respetando el espacio entre rejas obtenido y ajustándolas al canal; es decir, se tomó la altura y ancho del canal, lo que hizo que el número de rejas fuera mayor al que se obtuvo en los cálculos iniciales, la reja debe poseer las siguientes características: 0,7 m de largo, 0,49 m de ancho, 13 barras y un espacio entre barras de 0,03 m (3 cm) en el apéndice N°1 se muestra la memoria de cálculo seguida para dimensionar este equipo (ver apéndice 1).

✓ El desarenador se evaluó bajo los parámetros recomendados, de acuerdo con los resultados las dimensiones de este equipo son muy similares al existente, por lo tanto es capaz de cubrir perfectamente los requerimientos de la población, en este caso se sugiere realizar un mantenimiento mayor a las cadenas y equipos de desarenado, limpiar el canal despojando de la arena depositada para de esta manera activarlo y lograr que cumpla su función de retirar la arena del agua y así evitar que ésta pase a los separadores. En el apéndice N°2 se muestra la memoria de cálculo seguida para dimensionar este equipo (ver apéndice 2)

- ✓ Durante la evaluación operacional de los sedimentadores primarios y secundarios, se pudo determinar que algunas de las tablas utilizadas para retirar los lodos están partidas y otras no están, además algunas cadenas y equipos mecánicos fueron hurtados y las cadenas que poseen se encuentran corroídas. Al evaluarlos analíticamente se consideró un tiempo de residencia de 90 minutos (Romero, 2001))y los resultados indicaron que las 4 unidades pueden procesar el caudal estudiado. En este caso se sugiere realizar un mantenimiento mayor a las cadenas y equipos mecánicos existentes, así como la instalación de los inexistentes. En el apéndice N°3 se muestra la memoria de cálculo seguida para dimensionar estos equipos. (Ver apéndice 3)
- ✓ Durante la evaluación analítica del lecho biopercolador, usando las dimensiones del mismo y considerando los parámetros indicados, se pudo calcular que dicho sistema logra separar más del 70% de la DBO que ingresa; es decir que, si se encuentra en óptimas condiciones, el sistema tiene la capacidad de procesar el caudal estudiado con las características establecidas produciendo un agua con las características adecuadas para ser enviadas a la próxima etapa del tratamiento. Ahora bien, al evaluar las condiciones de operatividad actual del equipo, se determinó que algunas de las tuberías de asperjado del lecho se encuentran obstruidas lo que genera que el flujo que ingresa al este sistema se encuentre sectorizado, es por eso que se sugiere realizar un mantenimiento mayor a las tuberías de asperjado, con posibilidad de sustitución parcial o total, además se recomienda la limpieza del lecho, eliminando maleza, sólidos y material arenoso presentes en la superficie de éste. Los lechos de alta tasa deben tener recirculación, sin embargo, en estos momentos no se contempla colocársela por las condiciones en que entra el agua, además de no presentar facilidades estructurales para ello. En el apéndice N°4 se muestra la memoria de cálculo seguida para dimensionar este equipo (ver apéndice 4)
- ✓ La etapa de digestión de lodos se encuentra clausurada, sus tuberías están completamente obstruidos por la presencia de hidrocarburo y resultó imposible determinar las dimensiones que posee el digestor, por tales motivos se requiere

diseñarlo en su totalidad. Una vez que se determinaron los criterios que rigen el diseño de reactores anaerobios se procedió a realizar los cálculos pertinentes encontrándose que para un tiempo de residencia de 10 días y una producción de lodos diaria de $64,4 \text{ m}^3/\text{día}$, el volumen útil del digestor deberá ser de 644 m^3 y sus dimensiones serán 7,5 m de diámetro y 11,5 m de altura. (Ver apéndice 5).

De acuerdo con la literatura, los digestores de lodos cilíndricos rara vez tienen menos de 6 metros o más de 38 metros de diámetro. La profundidad del agua no debe ser inferior a 7,5 metros en la pared lateral debido a la dificultad en la mezcla de tanques de poca profundidad, y la profundidad puede ser tanto como 15 metros. El suelo del digestor es generalmente cónico con la parte inferior inclinada hacia el centro, con una pendiente mínima de 1 vertical y 6 horizontal donde el lodo se retira. (Metcalf & Eddy, 2003).

Como se puede observar, tomando en cuenta los parámetros de diseño mencionados, las dimensiones del digestor propuesto se encuentran dentro de los parámetros sugeridos por la literatura.

✓ Los lechos de secado de lodos arrojaron, después de su evaluación analítica, que a pesar de que sus dimensiones son las adecuadas para el secado de una torta de 30 cm que es lo recomendado para clima tropical; como se requiere de un tiempo de secado de 15 días, se deben construir 11 unidades adicionales con las mismas características de las ya existentes. (ver apéndice 6)

✓ Para ejecutar la evaluación analítica de las lagunas de maduración se tomó en cuenta el método basado en el período de retención, que para dos o más lagunas en serie este tiempo varía entre 3 y 10 días, una vez desarrollados los cálculos se obtuvo que las tres lagunas resultaron tener un tiempo de retención de 5,8; 6,8 y 5,3 días para las lagunas N°1, N°2 y N°3 respectivamente, estando en el rango de tiempo recomendado por la literatura. Se recomienda su mantenimiento eliminando maleza y basura presente dentro de ellas y en sus inmediaciones. En el apéndice 7 se desarrollan los cálculos asociados.

✓ De forma general la evaluación de las etapas como el cribado, desarenado, sedimentado, percolado y lagunas, permitió conocer que dichas etapas están en capacidad de tratar el agua por al menos 25 años más, sólo si se realizan las mejoras pertinentes y el mantenimiento adecuado, por su parte, el digestor de lodos deberá construirse en su totalidad y los lechos de secado de lodos requieren ampliación, por lo que se determinó que no son necesarias modificaciones estructurales significativas en el diseño de las unidades que conforman la planta de tratamiento.

A continuación se muestran, en las tablas N° 14 a la 24, las fichas de diseño de los equipos, resaltando los criterios de diseño y evaluación tomados en consideración, así como también las dimensiones de los equipos que se proponen para su reconstrucción:

Tabla N° 14. Ficha de especificación de la rejilla de cribado propuesta
Fuente: Los autores



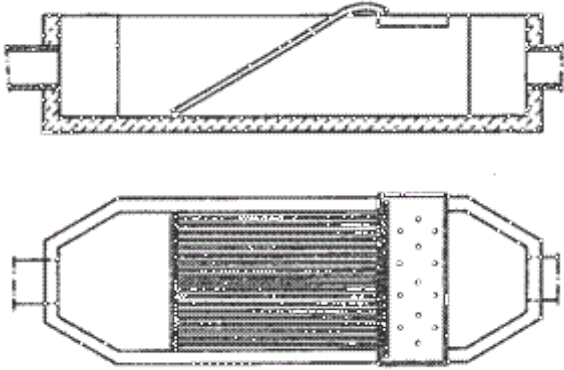
	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé	
IDENTIFICACION GENERAL			
Descripción	Etap	Material	Dimensiones
Rejilla de Cribado	Pretratamiento	Hierro	Largo (m)
			Ancho (m)
Nº barras Unidad	Esp. Entre barras (m)		
0,7	0,49	13	0,03
Corte lateral y vista aérea			
			
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION			
<ul style="list-style-type: none"> - Factor de sobre diseño de 2.5 Qmed - Velocidad de acercamiento de 0,6 m/s - Ancho de canal de 0,46 m - Inclinación de 45° 			
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez

Tabla N° 15. Ficha de especificación del desarenador propuesto
Fuente: Los autores

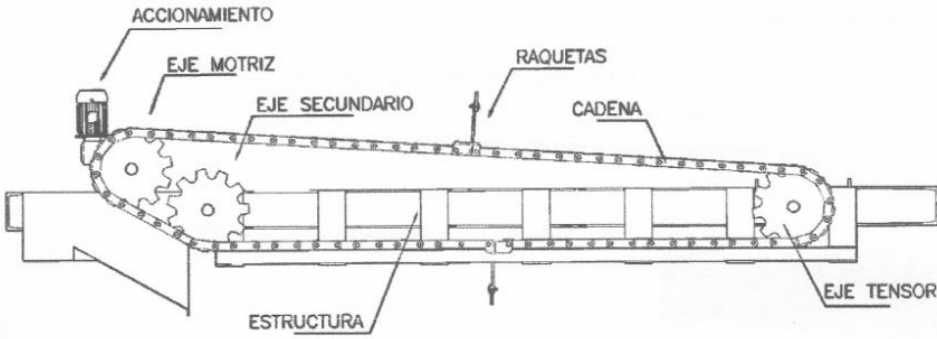
	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapa	Material	Dimensiones			
Desarenador de cadena	Pretratamiento	Concreto y cadena de hierro	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad máxima	Velocidad de flujo
			10,80	0,62	1,66 m	0,26 m/s
Corte Transversal						
						
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION						
<ul style="list-style-type: none"> - Para velocidad constante se recomienda un desarenador parabólico (Romero J., 2001) - Velocidad de sedimentación 0,026 m/s - Velocidad de flujo será igual a 10 veces la velocidad de sedimentación=0,26 - Ancho superior del desarenador 0,62 m 						
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 16. Ficha de especificación del sedimentador primario I propuesto
Fuente: Los autores



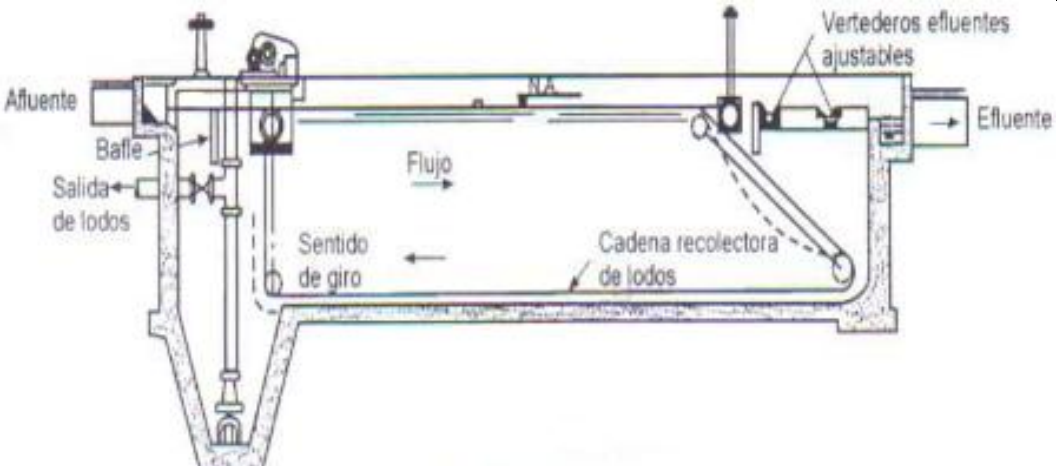
	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé					
IDENTIFICACION GENERAL							
Descripción	Etapas	Material	Dimensiones				
Sedimentador primario (I)	Tratamiento primario	Concreto	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (m ³)	
			12,10	3,96	2,78	115,00	
Corte Transversal							
							
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION							
- Tiempo de residencia 90 min (Romero J., 2001)							
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:				
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez				

Tabla N° 17. Ficha de especificación del sedimentador primario II propuesto
Fuente: Los autores



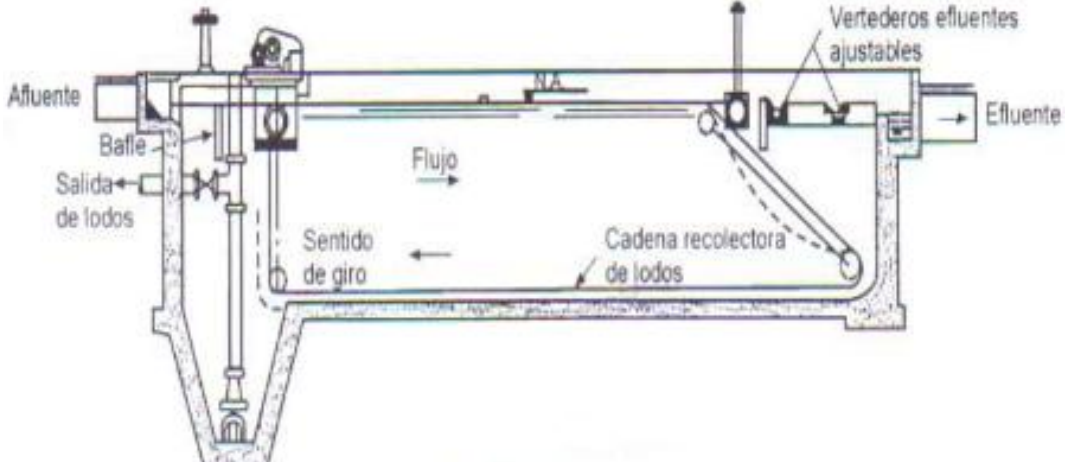
	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapas	Material	Dimensiones			
Sedimentador primario (II)	Tratamiento primario	Concreto	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad	Capacidad (m ³)
			15,30	4,86	2,78	180,00
Corte transversal						
						
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION						
- Tiempo de residencia 90 min (Romero J., 2001)						
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 18. Ficha de especificación del lecho biopercolador propuesto
Fuente: Los autores



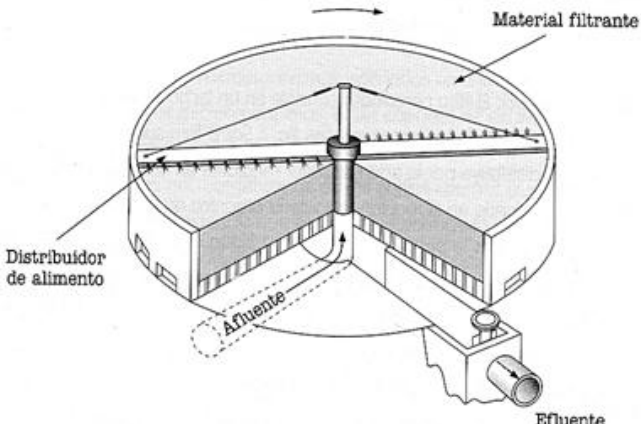
		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé			
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapa	Material	Dimensiones			
			Diámetro (m)	Profundidad (m)	Altura de lecho (m)	Diámetro de lecho (cm)
Lecho Biopercolador	Tratamiento secundario	Concreto	17,70	2,80	1,80	8 - 10
Vista superior con corte trasversal						
						
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION						
<ul style="list-style-type: none"> - El modelo a usar para su evaluación es de lechos biopercolador semi-piloto desarrollado por Eckenfelder y colaboradores. (Ramalho R.S., 1993) - Lecho de alta tasa según carga hidráulica. (Romero J.,2001) - El caudal de evaluación será medio. 						
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 19. Ficha de especificación del sedimentador secundario I propuesto
Fuente: Los autores



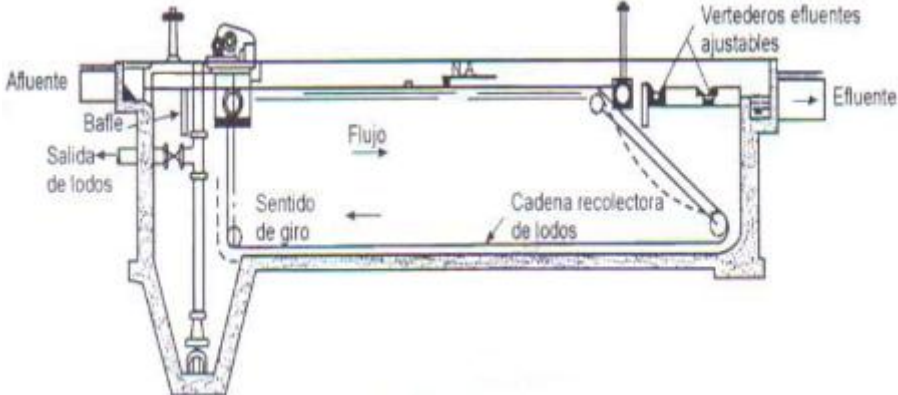
	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé	
IDENTIFICACION GENERAL			
Descripción	Etap	Material	Dimensiones
Sedimentador secundario (I)	Tratamiento secundario	Concreto	Largo (m)
			Ancho (m)
			Profundidad (m)
			Capacidad (m ³)
			15,60
			4,50
			2,78
			170
Corte Transversal			
			
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION			
- Tiempo de residencia 90 min (Romero J., 2001)			
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez

Tabla N° 20. Ficha de especificación del sedimentador secundario II propuesto
Fuente: Los autores



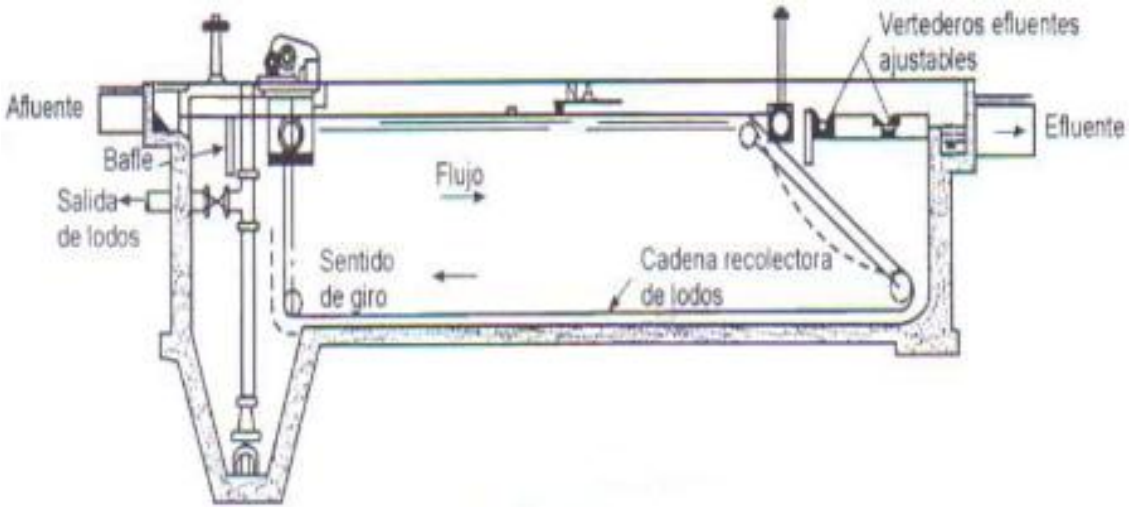
	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL						
Descripción	Etapa	Material	Dimensiones			
Sedimentador secundario (II)	Tratamiento secundario	Concreto	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (m ³)
			15,60	4,50	2,78	170
Corte Transversal						
						
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION						
- Tiempo de residencia 90 min (Romero J., 2001)						
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:			
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez			

Tabla N° 21. Ficha de especificación de los digestores de lodo propuesto
Fuente: Los autores



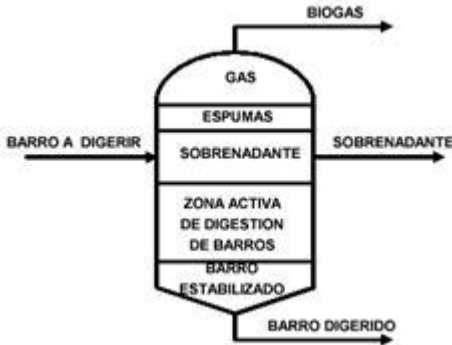
	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé							
IDENTIFICACION GENERAL									
Descripción	Etapas	Material	Dimensiones						
Digestores de lodos	Tratamiento secundario	Concreto	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diámetro (m)</td> <td style="width: 25%;">Profundidad(m)</td> <td style="width: 50%;">Capacidad (m³)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7,5</td> <td style="text-align: center;">11,5</td> <td style="text-align: center;">644</td> </tr> </table>	Diámetro (m)	Profundidad(m)	Capacidad (m ³)	7,5	11,5	644
Diámetro (m)	Profundidad(m)	Capacidad (m ³)							
7,5	11,5	644							
Corte transversal									
									
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION									
<ul style="list-style-type: none"> - El tipo de diseño elegido fue con base en la edad de los lodos. - El % remoción de sólidos totales (SST) en separadores primarios y secundarios es de 70% - SST en las aguas residuales domésticas: 200 mg/L (Romero J., 2001) - Humedad del lodo en fracción decimal= 0,98 - Densidad relativa del lodo = 1,03 - Densidad del agua = 1,0 - DBO = 60% de la DQO - La producción de sólidos en un lecho percolador de piedra 0,6 Kg SST/Kg DBO. - Por estar en un clima tropical se estima que el tiempo de digestión es 10 días. - Y= coeficiente máximo de producción de biomasa = 0,6 Kg SSV/Kg DBOR - k_d= constante de declinación endógena = 0,06 d⁻¹ - $DBO_{0,6}$= 60% DQO mg/L - 0,35= cantidad teórica de metano producido en la conversión completa de 1Kg de DBO a CH₄ y CO₂, (m₃ CH₄/Kg DBO) - Se considera un porcentaje de digestión del 67% Fuente: (Romero J., 2001)									
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:						
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez						

Tabla N° 22. Ficha de especificación de los lechos de secado de lodos propuestos
Fuente: Los autores







		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé				
IDENTIFICACION GENERAL							
Descripción	Cantidad	Etapa	Material	Dimensiones			
				Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Volumen (m ³)
Lechos de secado	16	Tratamiento de lodos	Concreto	15,3	6,1	0,55	28
Distribución de lechos de secado.							
							
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION							
- Altura de la torta = 30cm - Tiempo de secado = 15 días							
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:				
15-sep-14	Yusmery Del Valle	Jorge Puerta	Ing. Armando Pérez				

Tabla N° 23. Ficha de especificación de las lagunas de maduración propuesto
Fuente: Los autores

		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química	Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé						
IDENTIFICACION GENERAL									
Descripción	Cantidad	Etapa	Material	Dimensiones					
				Laguna 1		Laguna 2		Laguna 3	
Lagunas de maduración	03	Desinfección	Concreto	Área (m ²)	Prof (m)	Área (m ²)	Prof (m)	Área (m ²)	Prof (m)
				11966	1,5	13652	1,5	10770	1,5
									
CRITERIOS DE DISEÑO Y EVALUACION									
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de retención entre 3 y 10 días para sistemas en serie - Profundidad = 1,5 m. 									
Fecha	Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:				
15-sep-14	Yusmery Del Valle		Jorge Puerta		Ing. Armando Pérez				

4.4 Formulación de un plan de mantenimiento preventivo de la planta.

4.4.1 Plan de Mantenimiento:

Como se indicó en secciones anteriores, un plan de mantenimiento tiene como objetivo primordial lograr que las unidades y componentes de un proceso trabajen en forma normal durante todo su período de vida útil.

En primer lugar se debe realizar un diagnóstico que permita predecir cuáles son las etapas críticas del proceso. A continuación se muestra la tabla N° 25, en la que de una manera sencilla se visualiza las etapas que funcionan y las que no con las respectivas observaciones más importantes:

Tabla N°24 Determinación de las etapas críticas de la planta
Fuente: Los Autores

Etapa	Estado	Funciona		Observaciones
		Si	No	
Cribado			x	Rejillas completamente corroídas
Desarenado			x	Cadena trabada, almacenamiento considerable de arena y sólidos gruesos
Sedimentación primaria	x			Requieren limpieza
Digestión Anaerobia			x	Reactores tapados y con un alto contenido de crudo, tuberías obstruidas por crudo
Filtrado	x			El lecho se encuentra sectorizado, se debe realizar limpieza
Sedimentación secundaria	x			Requieren limpieza
Lechos de Secado	x			-
Lagunas de maduración	x			Requieren mantenimiento, se encuentran rodeadas de maleza.

Se puede observar que las etapas de cribado, desarenado y digestión anaerobia se encuentran en condiciones críticas, por lo tanto se requiere sustituirlas y/o realizarles un mantenimiento profundo que incluye cambio de piezas importantes. En el caso de la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” en particular, no se cuenta con un stock de unidades requeridas para el mantenimiento, esto se debe a que la planta ha estado operando en las condiciones

que se encuentra desde hace aproximadamente 9 años y desde entonces no se habían considerado cambios de piezas y equipos en la estructuras.

Una vez que se realice la sustitución de equipos y piezas se deberán considerar las estrategias que permitan aplicarles un mantenimiento preventivo adecuado a cada etapa y así garantizar su funcionamiento normal a lo largo de su vida útil.

A continuación se muestra, en las tablas 26 a la 32, los instructivos de mantenimiento preventivo general sugerido para la planta, tomando en cuenta el período de aplicación, las actividades y los materiales y repuestos necesarios:

Tabla N° 25. Instructivo para el mantenimiento de las rejillas de cribado
Fuente: Los Autores

Frecuencia de mantenimiento	Actividades	Requerimientos
Diario	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza manual del canal - Limpieza manual de rejillas, retirando el material suspendido. - Llevar los sólidos, basura y material retirado a una zona dispuesta para tal fin. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Guantes de plástico. - Palas. - Rastrillo. - Cepillo de acero. - Cepillo de fibras. - Manguera. - Carretilla.
Semanal	<ul style="list-style-type: none"> - Cierre del flujo de agua a la entrada para limpieza mayor de las rejillas. - Disponer de los sólidos retirados a fin de llevarlos al vertedero municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Palas. - Bolsas de basura. - Camión.
Semestral	<ul style="list-style-type: none"> - Cierre del flujo de agua a la entrada para realizar limpieza manual completa (canales y rejillas). - Lavado de la estructura y todos los elementos. - Pintura de rejillas y accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Pintura Anticorrosiva. - Cepillos. - Manguera. - Brochas. - Rodillos.

Tabla N° 26. Instructivo para el mantenimiento de Desarenador
Fuente: Los Autores

Período de mantenimiento	Actividades	Requerimientos
Diario	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección del estado y funcionamiento del desarenador. - Retiro y recolección de arena almacenada en el carretón. - Disponer la arena conjuntamente con los lodos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Guantes. - Carretón. - Palas.
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> - Verificación del estado de sedimentación presente en el canal de desarenado. - Verificación de funcionalidad de cadenas y paletas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador - Palas - Cinta métrica - Guantes - Botas de goma
Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> - Lubricación de compuertas y accesorios. - Lubricación de la cadena. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador - Lubricante
Anual	<ul style="list-style-type: none"> - Retiro de arena y sedimentos. - Revisar las placas que trabajan como compuertas a fin de evitar que se oxiden o se deformen y pintar los posibles puntos de corrosión. - Limpieza exhaustiva del sedimentador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Palas. - Carretillas. - Baldes. - Manguera. - Pintura anticorrosiva.

Tabla N° 27. Instructivo para el mantenimiento de los sedimentadores primarios y secundarios
Fuente: Los Autores

Período de mantenimiento	Actividades	Requerimientos
Diario	<ul style="list-style-type: none"> - Evacuación de lodos y de materias flotantes de forma mecánica. - Retiro manual de natas sobrantes que el sistema de cadenas no puede retirar. - Retiro manual de sólidos flotantes como madera, plástico, hojas, entre otros que en la etapa de cribado no lograron separarse. - Limpieza del canal perimetral de descarga y vertedores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Cepillos largos. - Colador de malla.
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> - Engrase de sistemas de engranaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Lubricante. - Guantes.
Anual	<ul style="list-style-type: none"> - Cierre de compuertas de entrada al sedimentador. - Vaciar el tanque y revisar la estructura de concreto. - Localizar por observación directa los puntos de corrosión de los vertederos y placa deflectora. - De ser necesario, pintar las partes metálicas con anticorrosivos. - Limpieza del sumidero de lodo - Revisar el estado de válvulas y mecanismos móviles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Bomba de achique. - Mangueras - Pintura. - Brochas y rodillos. - Escalera. - Eslinga y línea de vida. - Guantes. - Botas plásticas. - Palas. - Baldes. - Soga - Máscaras. - Trajes plásticos.

Tabla N° 28. Instructivo para el mantenimiento del Digestor anaerobio
Fuente: Los Autores

Período de mantenimiento	Actividades	Requerimientos
Diario	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobar el funcionamiento de todas las compuertas y válvulas. - Prepara lechos de secado antes de la extracción. - Extracción de los lodos acumulados en la parte baja del biodigestor. - Cada vez que se utilice la válvula del digestor para enviar los lodos al lecho de secado asegurarse de no quede lodo en la tubería porque al secarse puede obstruirse. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador
Anual (trabajo en espacio confinado)	<ul style="list-style-type: none"> - Abrir boca de visita. - Evacuar todos los lodos para mantenimiento general. - Revisar la estructura de concreto y verificar el buen estado la misma. - Pintura interior y exterior de la estructura. - Cerrar boca de visita. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Bomba de achique. - Mangueras - Pintura. - Brochas y rodillos. - Escalera. - Eslinga y línea de vida. - Guantes. - Botas plásticas. - Palas. - Baldes. - Soga - Máscaras. - Trajes plásticos

Tabla N° 29. Instructivo para el mantenimiento del lecho percolador
Fuente: Los Autores

Frecuencia de mantenimiento	Actividades	Requerimientos
Diario	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar los canales de distribución y retirar los sólidos que se acumulan en los vertedores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador
Semanal	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar los canales con agua a presión. - Eliminar con chorro de agua cualquier rastro de lodos en las aberturas de aireación y en los canales de salida del filtro. - Con agua a presión limpiar la superficie del filtro logrando desprender parte de la biomasa de las piedras, y en las zonas donde se pueda observar una tendencia al encharcamiento penetrar unos 30 cms sin remover la piedra de la superficie. - La superficie del filtro debe mantenerse libre de hierbas y acumulaciones de hojas u otras basuras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador - Hidrojet. - Mangueras - Cepillos - Rastrillos metálicos - Guantes. - Botas de goma.
Semestral	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar toda la estructura de concreto, estructura metálica, localizar los puntos de corrosión, lijar y pintar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador - Pintura. - Lija. - Brocha. - Guantes. - Botas de goma.

Tabla N° 30. Instructivo para el mantenimiento de los Lechos de Secado
Fuente: Los Autores

Período de mantenimiento	Actividades	Requerimientos
Diario.	<ul style="list-style-type: none"> - Retirar los lodos secos de forma mecánica y manual (el lodo seco posee una superficie basta, agrietada y es negro o marrón oscuro después de 10 a 15 días en condiciones favorables). - Extender los lodos sobre los lechos en capas de 30 cm y dejarlos secar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador - Mini Chover - Pala. - Guantes. - Botas de goma. - Escardilla.
Anual.	<ul style="list-style-type: none"> - Vaciado de lechos por etapa. - Aplicación de pintura a las estructuras de concreto y a las tuberías. - Colocación de arena virgen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador. - Pintura. - Lija. - Brocha. Guantes. - Botas de goma.

Tabla N° 31. Instructivo para el mantenimiento de las lagunas de maduración
Fuente: Los Autores

Frecuencia de mantenimiento	Actividades	Requerimientos
Diario	- Inspección del estado y funcionamiento del sistema de lagunas	- Operador
Semanal	- Remoción y retiro de natas, espumas, lodo y material flotante y disponerlos en las zonas dispuestas para tal fin - Remoción y retiro de vegetación accesible - Limpieza de los bordes y caminos de acceso a las lagunas así como de las zonas adyacentes a la planta de tratamiento libres de maleza	- Operadores - Cucharones de mango largo - Escurrideras grandes se malla metálica con mango largo. - Mangueras a chorro - Carretillas - Palas - Rastrillos - Escardilla - Podadoras - Machetes - Picos
Mensual	- Verificación del nivel de las lagunas	- Operador - Vara de madera o metal - Cinta métrica
Semestral	- Verificación del grado de sedimentación de las lagunas	- Operador - Vara de madera o metal - Cinta métrica
Anual	- Retiro de arena, lodos y sedimentos; depositarlos en la zona dispuesta para tal fin.	- Retroexcavadora - Palas - Carretilla - Baldes

De forma general se debe realizar la recolección y bote de escombros del área (orden y limpieza).

La aplicación y evaluación del programa de mantenimiento son actividades importantes en el proceso de tratamiento de las aguas. En la medida que pasa el tiempo y se le realizan cambios a la planta, las condiciones físicas de los componentes de ésta pueden variar hasta el punto de requerir un total rediseño del programa ya que cuando se aplica un plan de mantenimiento inadecuado se corre el riesgo de afectar la calidad del agua tratada.

Esto significa que el plan de mantenimiento no es una actividad que termina con su puesta en marcha sino que la evaluación y control constantes darán la requerida retroalimentación para que el plan se actualice y mejore su eficiencia con la experiencia generada.

Se puede decir que la evaluación de la planta en conjunto, indica que si se realizan las correcciones sugeridas, se aplica el mantenimiento adecuado siguiendo el plan propuesto y se corrige el sobre consumo de agua existente en la actualidad, la planta se tiene la capacidad de trabajar perfectamente durante los próximos 25 años.

4.4.2 Control analítico y muestreo de la de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Vitoria” del Distrito San Tomé.

Castillo (2012) en su trabajo especial de grado propone un programa de monitoreo de la calidad del efluente, que en resumen, estos seguimientos experimentales son importantes por las tres razones fundamentales siguientes:

- Conocer la eficacia del tratamiento en distintas épocas del año y en los distintos aspectos relativos a la calidad del efluente para sus posibles usos.
- Detectar anomalías de funcionamiento y tomar medidas de corrección adecuadas para evitarlas.
- Reunir datos representativos del tratamiento que servirían a su vez para mejorar los criterios de diseño y posibles modificaciones futuras, estos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, con su respectiva frecuencia de muestreo se pueden ver en la tabla N° 34.

Tabla N° 32. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos que deberán ser medidos en el sistema.

Fuente: (Castillo, 2012), p.65

PARÁMETRO	UNIDAD	AFLUENTE	EFLUENTE	FRECUENCIA
Temperatura	°C	x	x	D
DBO ₅	mg/L	x	x	S
DQO	mg/L	x	x	S
OD	mg/L	x	x	D
pH	-	x	x	D
Sólidos suspendidos	mg/L	x	x	S
Sólidos disueltos	mg/L	x	x	D
Sólidos sedimentados	mg/L	x	x	S
Nitrógeno total	mg/L	x	x	O
Fósforo total	mg/L	x	x	O
Coliformes fecales	CF/100 mL	x	x	O

D= Diario; S= Semanal; Q= Quincenal; O= Ocasional

CAPÍTULO V**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el siguiente apartado se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de los análisis realizados a lo largo del todo el trabajo de investigación.

CONCLUSIONES**De las características del agua:**

- El caudal que ingresa a la planta es más del doble del que generaría, en condiciones estándar, una población de 11500 habitantes.
- La DBO presente en el agua a tratar es de 34 mg/L, lo que ratifica la presencia excesiva de fugas.
- La planta está en capacidad de tratar las aguas residuales de las comunidades estudiadas por al menos 25 años

Del análisis del sistema de tratamiento:

- Se necesita construir una nueva reja con un espacio de separación entre barras de 3 cm y un retiro diario de sólidos gruesos aproximado de 0,11 m³.
- Se requiere realizar un mantenimiento mayor y reparación al desarenador a fin de lograr separar un volumen de arena de 0,11 m³/día.
- Se requiere la realización de mantenimiento profundo a todos los separadores y sustitución o colocación de piezas faltantes. En óptimas condiciones de funcionamiento estos equipos lograrían separar 64,4 m³/día de lodo.
- Una vez realizado mantenimiento al lecho biopercolador, éste se puede seguir usando bajo las condiciones actuales.
- Se requiere construir un nuevo reactor con una capacidad de 644 m³ y 11.5 m de alto y 7.5 m de diámetro.

- Los lechos de secado existentes tienen un tamaño adecuado, pero se requiere la construcción de 11 unidades adicionales para el correcto manejo de los lodos.
- Se propone una guía de mantenimiento preventivo cuyo estricto cumplimiento evitaría daños estructurales futuros en todas las etapas.
- Para el mantenimiento y operación se requiere de la inversión de 33175630 BsF y para la construcción 15556901.10 BsF

RECOMENDACIONES:

Después de realizado este trabajo y una vez analizado los resultados obtenidos se recomienda:

De las características del agua:

- Crear un programa de concienciación dirigido a la población, específicamente a las comunidades "Los Próceres" y "La Victoria" del Distrito San Tomé, con el fin de corregir las fugas y sobreuso de agua existentes dentro de la comunidad.
- Llevar a cabo un monitoreo diarios de la planta de tratamiento, haciendo un registro de parámetros tales como: caudal, oxígeno disuelto, pH, temperatura, DBO, DQO, SSV, SST, entre otros.
- Evaluar el impacto ambiental generado por el vertido de aguas residuales no tratadas (lodos), en las adyacencias de la planta, así como también contrarrestar los efectos negativos producidos, en caso de que existan.

Del análisis del sistema de tratamiento:

- Mitigar las razones por las que en días de lluvias, se incorporan al sistema de alcantarillas gran cantidad de agua, haciendo que la planta se inunde, para así evitar posibles colapsos futuros en los sistemas de tratamiento de la planta.
- En relación a las conclusiones mencionadas anteriormente, se recomienda al personal de operaciones de PDVSA que manejan la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de de las comunidades "Los Próceres" y "La Victoria" del Distrito San Tomé estado Anzoátegui, la revisión y análisis del presente estudio.
- Que los órganos gubernamentales y empresas estatales velen por el cuidado del ambiente, y mantengan en buen funcionamiento los sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- Se recomienda además, al personal de operaciones de PDVSA que manejan la planta, llevar a cabo el manual de mantenimiento de manera adecuada, para de esta manera lograr un buen funcionamiento en todas las etapas de la planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borja M., (2011). Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales de la ciudad de Guaranda. Consultado el 13 de diciembre de 2013. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: Disponible: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1626/1/236T0043.pdf>
- Cárdenas, C., Jaeger, C., Villasmil, H. (2005). Evaluation of the units that conform the wastewater treatment plant south Maracaibo. Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad del Zulia [Revista en línea]. Disponible: <http://www.scielo.org.ve> [Consulta: 2013, abril 6].
- Castillo M., (2012). Optimización de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de Barinas, Estado Barinas. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas-Venezuela.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (2002). Desinfección del agua [Revista en línea]. Volumen VIII. Disponible: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/desinfeccion>. Lima, Perú
- Comisión Estatal del Agua de Jalisco (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados. Tomo I y II. Jalisco, México.
- Crites R., Tchobanoglous, G., Camargo, M., Pardo, L. y Mejía, G. (2000). Sistemas de manejo de aguas residuales. Tomo I, II y III. Colombia: McGraw-Hill.
- Cubillos, A. (1980). Calidad del agua en la Planificación y manejo del Desarrollo. Cidiat. Mérida, Venezuela.
- Gordon M., (1987). Ingeniería Sanitaria y Aguas Residuales. Editorial Limusa. México, D. F., México.
- Kiely G. (1996). “Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Entornos, Tecnología y Sistema de Gestión”, McGraw Hill, España.
- Metcalf & Eddy (1995). Ingeniería de aguas residuales Volumen 1, 3ª ed. España: McGraw-Hill.

Referencias Bibliográficas

- Nieto y Pelay (2011). Propuesta de modificación de los sistemas pilotos que conforman la planta experimental de tratamiento de aguas de la Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas-Venezuela.
- Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (Decreto N° 883). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021 (Extraordinario), diciembre 18, 1995.
- Ramalho, R (1993). Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Reverté S.A España.
- Romero R., J. (2001). Tratamiento de Aguas Residuales. 1er Ed. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.
- Tchobanoglous (2000). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Editorial McGraw-Hill. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Toro (2007). Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira. Sector los Anaucos norte, cortada de Maturín. Estado Miranda. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas-Venezuela.

APÉNDICES

APÉNDICE N°1. Cálculo y dimensionamiento de la etapa de cribado. (Romero J, 2001)

En el tratamiento de aguas residuales, las rejillas suelen ser gruesas con separaciones entre rejas de 1; 2,5 o 5 cm, para de esta manera proteger equipos aguas abajo, además de ello el canal debe ser horizontal, con poca pendiente y perpendicular a la rejillas, promoviendo una distribución uniforme de los sólidos retenidas por ella. Dependiendo del tipo de limpieza (manual o mecánica) que se le haga a las rejillas, las características de estas pueden variar. A continuación se muestran en la tabla N°35 dichas características.

Tabla N°33. Características de rejillas de barras dependiendo de su limpieza.

Fuente: Romero J., (2001),p.228

Características de rejillas de barras		
Característica	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Ancho de las barras	0,5 - 1,5 cm	0,5 - 1,5 cm
Profundidad de las barras	2,5 - 7,5 cm	2,5 - 7,5 cm
Abertura o espaciamento	2,5 - 5,0 cm	1,5 - 7,5 cm
Pendiente con la vertical	30° - 45°	0° - 30°
Velocidad de acercamiento	0,3 - 0,6 m/s	0,6 - 1 m/s
Pérdida de energía permisible	15 cm	15 cm

La limpieza de las rejillas se realizara de forma manual.

La planta existente posee un caudal medio de 2080 l/min, y se considerara un factor de sobre diseño de 2,5, para un caudal máximo de 5200 l/min, además se considerara una velocidad de acercamiento de 0,6 m/s. Teniendo en cuenta ambos parámetros se puede conocer el área del canal que se calcula de la siguiente manera:

$$A = \frac{Q_{max}}{Va}$$

Donde:

A= Área del canal (m^2).

Qmax= Caudal máximo(m^3/s).

Va= Velocidad de acercamiento (m/s).

$$A = \frac{0,047 m^3/s}{0,6 m/s} = 0,08 m^2$$

Suponiendo un ancho de canal (b) de 40 cm, se procede a calcular la altura de la lámina de agua o tirante máximo de agua.

$$ha = \frac{A}{b}$$

Donde:

b= Ancho del canal (m).

ha= Tirante máximo de agua (m).

$$ha = \frac{0,08 \text{ m}^2}{0,40 \text{ m}} = 0,2 \text{ m}$$

La altura del canal dependerá de la suma del tirante máximo de agua y del borde libre.

$$ht = ha + ho$$

Donde:

ht= Altura total del canal (m).

ho= Borde libre del canal (m).

$$ht = 0,2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

Teniendo la altura total del canal se procede a calcular la longitud de las rejillas, estas rejillas tendrán una inclinación de 45°.

$$L = \frac{ht}{\sin \phi}$$

Donde:

L= Longitud de las rejillas (m).

ϕ= Inclinación de las rejillas (grados)

$$L = \frac{0,5 \text{ m}}{\sin 45} = \frac{0,5 \text{ m}}{0,71} = 0,70 \text{ m}$$

Para finalizar el dimensionamiento procede a calcular el número de barras.

$$n = \frac{b + Es}{Ab + Es}$$

Donde:

n= número de barras (adim)

Es= Espacio entre rejillas (m)

Ab= Ancho de barra (m)

$$n = \frac{0,40 \text{ m} + 0,03 \text{ m}}{0,01 \text{ m} + 0,03 \text{ m}} = 11$$

El número de barras es igual a 11 unidades, en vista de que el ancho del canal se debe mantener igual al ya existente, se debe aumentar el número de barras para cubrir el canal completamente, por lo que:

$$nr = \frac{br + Es}{Ab + Es}$$

Donde:

nr= número de barras reales (adim)

br= Ancho real del canal (m).

$$nr = \frac{0,49 \text{ m} + 0,03 \text{ m}}{0,01 \text{ m} + 0,03 \text{ m}} = 13$$

Por lo que el número de barras realmente es igual a 13 unidades

Cantidad de material grueso retenido (Romero J, 2001)

Las cantidades de material retenido varían mucho, dependiendo del tipo de rejillas o criba, del espaciamiento o abertura, del sistema de alcantarillado y de la población aportante. La WPCE sugiere valores entre 3,5 – 37,5 mL/m³ de agua residual tratada y un valor promedio de 15 mL/m³. La cantidad de solidos viene dado por:

$$CMRd = Q_{max. \text{ día}} * CMR$$

Donde:

Q_{max.día}= Caudal máximo día (m³/día)

CMRd= Cantidad de material retenido (mL/m³.día)

CMR = Cantidad de material retenido (mL/m³)

$$CMRd = 7500 \frac{m^3}{día} * 15 \frac{mL}{m^3}$$

$$CMRd = 112500 \frac{mL}{día}$$

$$CMRd = 112,5 \frac{L}{día}$$

$$CMRd = 0,11 \frac{m^3}{día}$$

APÉNDICE N°2. Cálculo y dimensionamiento de la etapa de desarenado. (Romero J., 2001)

Tabla N°34. Caudales de la planta.

Fuente: Los Autores

Caudal	Valor (L/s)	Valor (m ³ /s)	Valor (L/min)
Máximo	86,6	0,087	5200
Medio	34,6	0,035	2080
Mínimo	10.8	0,01	645

El desarenador original es de forma parabólica; además, (Romero J., 2001) establece que se debe mantener una velocidad constante se recomienda un desarenador de este estilo. Se tomará en cuenta que el material a retener será arena fina, cuya velocidad de sedimentación es 0.026 m/s, y la velocidad de flujo será igual a 10 veces la velocidad de sedimentación; por otra parte, se va a mantener el ancho superior del desarenador, que es 0,62 m.

$$Q_{max} = Vf * Ad$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x}$ = Caudal máximo (m³/s)

Vf = Velocidad de flujo (m/s)

Ad = Área de desarenador (m²)

$$Ad = \frac{0,087 \text{ m}^3/\text{s}}{0,26 \text{ m/s}} = 0,33 \text{ m}^2$$

El área del desarenador resulta ser 0,33 m², considerando el área para una parábola:

$$A = \frac{2HT}{3}$$

Donde:

A = Área de la sección (m²)

H = Altura de la sección (m)

T = Ancho de la sección (m)

$$H = \frac{3A}{2T} = \frac{3 * 0,33 \text{ m}^2}{2 * 0,62 \text{ m}} = 0,8 \text{ m}$$

Para canales rectangulares, la profundidad crítica viene dada por:

$$dc = 2 * \left[\frac{1}{3.1} * \left(H + \frac{Vf^2}{2 * g} \right) \right]$$

Donde:

dc = Profundidad crítica (m)

$$dc = 2 * \left[\frac{1}{3.1} * \left(0,8 + \frac{0,26^2}{2 * 9,8} \right) \right]$$

$$dc = 0,5 \text{ m}$$

La velocidad en la sección de control será:

$$Vc = \sqrt{g * dc}$$

Donde:

Vc = Velocidad en la sección de control (m/s)

$$Vc = \sqrt{9,8 * 0,5 \text{ m}}$$

$$Vc = 2,2 \text{ m/s}$$

El área en la sección de control viene dado por la siguiente ecuación:

$$ac = \frac{Q_{max}}{Vc}$$

Donde:

ac = Área en la sección de control (m²)

$$ac = \frac{0,087 \text{ m}^3/\text{s}}{2,2 \text{ m/s}}$$

$$ac = 0,04 \text{ m}^2$$

El ancho de la sección de control resulta ser:

$$w = \frac{ac}{dc}$$

Donde:

w= Ancho de la sección de control (m)

$$w = \frac{0,04 \text{ m}^2}{0,5 \text{ m}}$$

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

El área de flujo de la sección de control viene dado por la siguiente ecuación:

$$a = \sqrt[3]{\frac{Q_{med}^2 * w}{g}}$$

Donde:

a= Área de flujo de la sección de control (m²)

Qmed= Caudal medio (m³/s)

$$a = \sqrt[3]{\frac{(0,035 \text{ m}^3/\text{s})^2 * 0,08 \text{ m}}{9,8 \text{ m}^2/\text{s}}}$$

$$a = 2,15 * 10^{-2} \text{ m}^2$$

La profundidad de flujo de la sección de control (dfc)

$$dfc = a/w$$

Donde:

dfc= Profundidad de flujo de la sección de control (m)

$$dfc = 2,15 * 10^{-2} \text{ m}^2 / 0,08 \text{ m}$$

$$dfc = 0,27 \text{ m}$$

Profundidad de la cámara desarenadora

$$Hd = \frac{3,1 * dfc}{2}$$

Donde:

Hd= Profundidad de la cámara desarenadora (m)

$$Hd = 0,42 \text{ m}$$

Ancho de la lamina de agua en el canal

$$T = \frac{3 * Q_{med}}{2 * Hd * v}$$

Donde:

T= Ancho de la lamina de agua en el canal (m)

$$T = 0,48 \text{ m}$$

Para caudales mínimos

$$a = \sqrt[3]{\frac{Q_{min}^2 * w}{g}}$$

Donde:

a= Área de flujo de la sección de control (m²)

Qmin= Caudal minimo (m³/s)

$$a = \sqrt[3]{\frac{(0,01 \text{ m}^3/\text{s})^2 * 0,08 \text{ m}}{9,8 \text{ m}^2/\text{s}}}$$

$$a = 9,34 * 10^{-3} m^2$$

La profundidad de flujo de la sección de control (dfc)

$$dfc = a/w$$

Donde:

dfc= Profundidad de flujo de la sección de control (m)

$$dfc = 2,15 * 10^{-2} m^2 / 0,08 m$$

$$dfc = 0,12 m$$

Profundidad de la cámara desarenadora

$$Hd = \frac{3,1 * dfc}{2}$$

Donde:

Hd= Profundidad de la cámara desarenadora (m)

$$Hd = 0,186 m$$

Ancho de la lamina de agua en el canal

$$T = \frac{3 * Qmed}{2 * Hd * v}$$

Donde:

T= Ancho de la lamina de agua en el canal (m)

$$T = 0,31 m$$

Para caudal máximo de emergencia

$$a = \sqrt[3]{\frac{Qmax^2 * w}{g}}$$

Donde:

a= Área de flujo de la sección de control (m²)

Qmin= Caudal minimo (m³/s)

$$a = \sqrt[3]{\frac{(0,087 m^3/s)^2 * 0,08 m}{9,8 m^2/s}}$$

$$a = 3,95 * 10^{-2} m^2$$

La profundidad de flujo de la sección de control (dfc)

$$dfc = a/w$$

Donde:

dfc= Profundidad de flujo de la sección de control (m)

$$dfc = 3,95 * 10^{-2} m^2 / 0,08 m$$

$$dfc = 0,49 m$$

Profundidad de la cámara desarenadora

$$Hd = \frac{3,1 * dfc}{2}$$

Donde:

Hd= Profundidad de la cámara desarenadora (m)

$$Hd = 0,76 \text{ m}$$

Ancho de la lamina de agua en el canal

$$T = \frac{3 * Q_{med}}{2 * Hd * v}$$

Donde:

T= Ancho de la lamina de agua en el canal (m)

$$T = 0,66 \text{ m}$$

Longitud de la cámara desarenadora

Como se mencionó en un principio la velocidad de asentamiento o sedimentación para arenas finas es de 0.026 m/s, y la velocidad de flujo será igual a 10 veces la de sedimentación:

$$L = Hxv/vs$$

Donde:

L= Longitud de la cámara desarenadora (m)

$$L = \frac{0,8 \text{ m} * 0,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,026 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$L = 8 \text{ m}$$

La longitud mínima adicional recomendada viene dada por:

$$L_{min \text{ adic}} = 2 * H_{max}$$

Donde:

Lmin adic= Longitud mínima adicional recomendada (m)

$$L_{min \text{ adic}} = 2 * 0,8 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

La longitud máxima adicional recomendada viene dada por:

$$L_{max \text{ adic}} = 0,5 * L$$

Donde:

Lmax adic= Longitud máxima adicional recomendada (m)

$$L_{min \text{ adic}} = 0,5 * 8 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

La longitud adicional recomendada será un promedio entre la longitud mínima y máxima recomendada

$$L_{total} = 8 \text{ m} + \frac{1,6\text{m} + 4\text{m}}{2}$$

$$L_{total} = 10,8 \text{ m}$$

Cantidad de arena retenida (Romero J, 2001)

La cantidad de arena varía mucho de una a otra localidad. Depende del tipo de alcantarillado, de las características del área de drenaje, de la proximidad de playas,

entre otros factores. La cantidad de arena a disponer, de un desarenador de aguas residuales oscila entre 4 – 200mL/m³ de agua tratada, con un valor típico de 15mL/m³.

La cantidad de arena retenida en el desarenador se calcula de la siguiente manera:

$$CARd = Q_{max. \text{ día}} * CAR$$

Donde:

Q_{max.día}= Caudal máximo día (m³/día)

CARd= Cantidad de arena retenida día (mL/m³.día)

CAR = Cantidad de arena retenida (mL/m³)

$$CARd = 7500 \frac{m^3}{\text{día}} * 15 \frac{mL}{m^3}$$

$$CARd = 112500 \frac{mL}{\text{día}}$$

$$CARd = 0,11 \frac{m^3}{\text{día}}$$

APÉNDICE N°3. Evaluación del sedimentador.

Tabla N°35. Características comunes en sedimentadores

Fuente: Romero J., (2001),

Referencia	Carga superficial m/d	Tiempo de retención H	Profundidad m	Carga sobre el vertedero L/sm
Metcalf & Eddy	32 – 48	1,5 – 2,5	3 - 5	1,4 – 5,8
Norma de los 10 estados	41	-	>2,1	<2,2
Manual de diseño naval ejército de EE.UU.	49	-	3	<14
Manual de diseño naval ejército de EE.UU.	12 - 41	2,5	2,5 – 4,5	0,7 – 1,7
Steel & Mcghee	24 - 60	1 – 2	1 - 5	-
Fair <i>et at.</i>	-	2	3	-
Sundstrom & klei	-	1 – 4	-	-
USEPA	24 - 49	-	3 - 5	-
Tchobanoglous & Schroeder	30 - 60	-	3 - 5	-
IWPC	30 - 45	2	>1,5	1,2 – 5,2

Cálculo de la capacidad volumétrica de los sedimentadores:

- **Sedimentadores primarios:**

- **Sedimentador 1:**

$$V_{TS1} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = h_1 * A_1 * L_1$$

$$V_2 = h_2 * A_2 * L_2$$

Donde:

V_{TS1} = Volumen total del sedimentador 1

V_1 = Volumen de la sección rectangular

h_1 = altura del rectángulo = 2,34 m

A_1 = Ancho del rectángulo = 4,86 m

L_1 = Largo del rectángulo = 15,3 m

V_2 = Volumen de la sección triangular

h_2 = altura del triángulo = 0,09m

A_2 = Ancho del triángulo = 4,86 m

L_2 = Largo del triángulo = 15,3 m

$$V_1 = 2,34m * 4,86m * 15,30m = 174,0 m^3$$

$$V_2 = 0,09m * 4,86m * 15,30m = 3,40 m^3$$

$$V_{TS1} = 174,0m + 3,40m = 177,4 m^3 = 180 m^3$$

- **Sedimentador 2**

$$V_{TS2} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = h_1 * A_1 * L_1$$

$$V_2 = h_2 * A_2 * L_2$$

Donde:

V_{TS2} = Volumen total del sedimentador 1

V_1 = Volumen de la sección rectangular

h_1 = altura del rectángulo = 2,34 m

A_1 = Ancho del rectángulo = 3,96 m

L_1 = Largo del rectángulo = 12,1 m

V_2 = Volumen de la sección triangular

h_2 = altura del triángulo = 0,09m

A_2 = Ancho del triángulo = 4,86 m

L_2 = Largo del triángulo = 15,3 m

$$V_1 = 2,34m * 3,96m * 12,10m = 112,12 m^3$$

$$V_2 = 0,09m * 3,96m * 12,10m = 2,15 m^3$$

$$V_{TS2} = 114,27 m^3 = 115 m^3$$

$$V_{TSP} = V_{TS1} + V_{TS2}$$

Donde:

V_{TSP} = Volumen total de los sedimentadores primarios.

$$V_{TSP} = 180,0m^3 + 115 m^3 = 295 m^3$$

- **Sedimentadores secundarios:**

- **Sedimentador 1= Sedimentador 2**

$$V_{TS1} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = h_1 * A_1 * L_1$$

$$V_2 = h_2 * A_2 * L_2$$

Donde:

V_{TS1} = Volumen total del sedimentador 1

V_1 = Volumen de la sección rectangular

h_1 = altura del rectángulo = 2,34 m

A_1 = Ancho del rectángulo = 4,50 m

L_1 = Largo del rectángulo = 15,6 m

V_1 = Volumen de la sección triangular

h_1 = altura del triángulo = 0,09m

A_1 = Ancho del triángulo = 4,5 m

L_1 = Largo del triángulo = 15,6 m

$$V_1 = 2,34m * 4,50m * 15,60m = 164,30 m^3$$

$$V_2 = 0,09m * 4,50m * 15,60m = 3,30 m^3$$

$$V_{TS1} = 164,30m + 3,20m = 167,5 m^3 = 170 m^3$$

$$V_{TS2} = 164,30m + 3,20m = 167,5 m^3 = 170 m^3$$

$$V_{TSS} = V_{TS1} + V_{TS2}$$

$$V_{TSS} = 170 m^3 + 170 m^3 = 340 m^3$$

Donde:

V_{TSS} = Volumen total de los sedimentadores secundarios.

Caudal manejable por cada separador primario:

$$Q = \frac{V_{TS}}{\tau}$$

Donde:

Q = Caudal manejable en L/min

V_{TS} = Volumen total del separador

τ = tiempo de retención.

$$Q_1 = \frac{V_{TS}}{\tau}$$

$$Q_1 = \frac{180000L}{90 \text{ min}} = 2000 \frac{L}{\text{min}}$$

$$Q_2 = \frac{V_{TS}}{\tau}$$

$$Q_1 = \frac{115000L}{90 \text{ min}} = 1278 \frac{L}{\text{min}}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

Donde

Q_T = Caudal total que pueden manejar los separadores primarios:

$$Q_T = 2000 \frac{L}{\text{min}} + 1278 \frac{L}{\text{min}} = 3278 \frac{L}{\text{min}}$$

Caudal manejable por cada separador secundario:

$$Q = \frac{V_{TS}}{\tau}$$

Donde:

Q=Caudal manejable en L/min
 V_{TS} =Volumen total del separador
 τ = tiempo de retención.

$$Q_1 = \frac{V_{TS}}{\tau}$$

$$Q_1 = \frac{170000L}{90 \text{ min}} = 2000L$$

$$Q_2 = \frac{V_{TS}}{\tau}$$

$$Q_1 = \frac{170000L}{90 \text{ min}} = 1278 \frac{L}{\text{min}}$$

APÉNDICE N°4. Evaluación de lecho biopercolador

Diámetro del sistema: 17,7m

Área: 246 m²

Altura del lecho 1,8 m

Diámetro de lechos: 8 – 10 cm

DBO del afluente: 140 mg/L

Volumen de lecho: 442,8 m³

El caudal de diseño en los lechos biopercoladores es el caudal medio, por lo que con el área del lecho, se procede a calcular la carga hidráulica del mismo.

Carga hidráulica operacional del lecho biopercolador de la planta de tratamiento se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Ld = \frac{Q_{med}}{Alb}$$

Donde:

Ld: Carga hidráulica día (m³/m²día)

Alb: Área del lecho biopercolador (m²)

Qmed: Caudal medio (m³/d)

$$Ad = \frac{3024 \frac{m^3}{\text{día}}}{246 m^2}$$

$$Ad = 12,3 \frac{m^3}{m^2 \text{ día}}$$

La carga orgánica del lecho se calcula de la siguiente manera:

$$CO = DBO * Q_{med} \times 10^{-3}$$

Donde:

CO: Carga orgánica día (Kg DBO/día)

DBO: DBO del afluente (140 mg/L)

$$CO = 140 \frac{mg}{L} * 3024 \frac{m^3}{día} * 10^{-3}$$

$$CO = 423,36 \text{ Kg DBO/día}$$

Carga orgánica día sobre volumen de lecho:

$$COV = \frac{CO}{V}$$

Donde:

COV: Carga orgánica día sobre volumen de lecho (Kg DBO/m³ día)

V: Volumen de lecho (442,8 m³)

$$COV = \frac{426,36 \text{ Kg DBO/día}}{442,8 \text{ m}^3}$$

$$COV = 0,95 \text{ Kg DBO/m}^3 \text{ día}$$

Con este resultado, se determina según la siguiente tabla el tipo de lecho existente:

Tabla N°36. Características principales de los lechos percoladores.
Fuente: Romero J., (2001), p.560

Característica	Tasa baja o estándar	Tasa intermedia	Tasa alta	Torres biológicas	Desbaste
Carga Orgánica Kg DBO/m³día	0,08 – 0,32	0,24 – 0,48	0,32 – 1,8	≤ 4,8	> 2
Carga hidráulica m³/m²día	1 – 4	4 – 9	9 – 37	14 – 240	57 – 171
Profundidad	1,5 – 3,0	1,0 – 2,5	0,9 – 2,5	≤12	0,9 – 6,0
Relación de circulación	0	0,5 – 2	0,5 – 4	1 – 4	0
Dosificación	Intermitente	Continua	Continua	Continua	Continua
Moscas de filtro	Muchas	Pocas	Pocas	Pocas	Pocas
Calidad del efluente	Nitrificado	Nitrificación Parcial	No nitrificado	Nitrificación Baja	No nitrificado
% de remoción de DBO	80 – 85	50 – 70	40 – 80	65 – 85	40 - 85

El tipo de lecho existente es de tasa alta, para determinar si el lecho está en capacidad de tratar el afluente en las condiciones de diseño del mismo, los modelo a usar para su evaluación serán los de lechos biopercolador semi-piloto desarrollado por Eckenfelder y colaboradores, y las ecuaciones del NCR para lechos de una etapa. Se procederá a evaluarlo de la siguiente manera:

Metodo desarrollado por Eckenfelder y colaboradores (Ramalho, 1993):

Con la carda hidráulica en (m³/m²s) y la altura del lecho en (m) se procede a calcular el valor de la ecuación:

$$\frac{D}{L^{0,478}}$$

Donde:

D: Altura del lecho (m)

L: Carga hidráulica (m³/m²s)

$$\frac{1,8 \text{ m}}{(1,42 * 10^{-4})^{0,478}} = 124$$

Con el valor y la ayuda del gráfico de la Figura N° 05, se calcula el % de DBO remanente, que viene dado por:

$$Se/S_o * 100$$

Donde:

Se: DBO del efluente (mg/L)

So: DBO del afluente (mg/L)

$$Se/S_o * 100 \cong 26$$

- Considerando que se posee el valor de la DBO en el afluente del lecho biopercolador, se puede calcular el valor del DBO en el efluente:

$$Se = \frac{So * 26}{100}$$

$$Se = \frac{140 \text{ mg/L} * 26}{100}$$

$$Se = 36,4 \text{ mg/L}$$

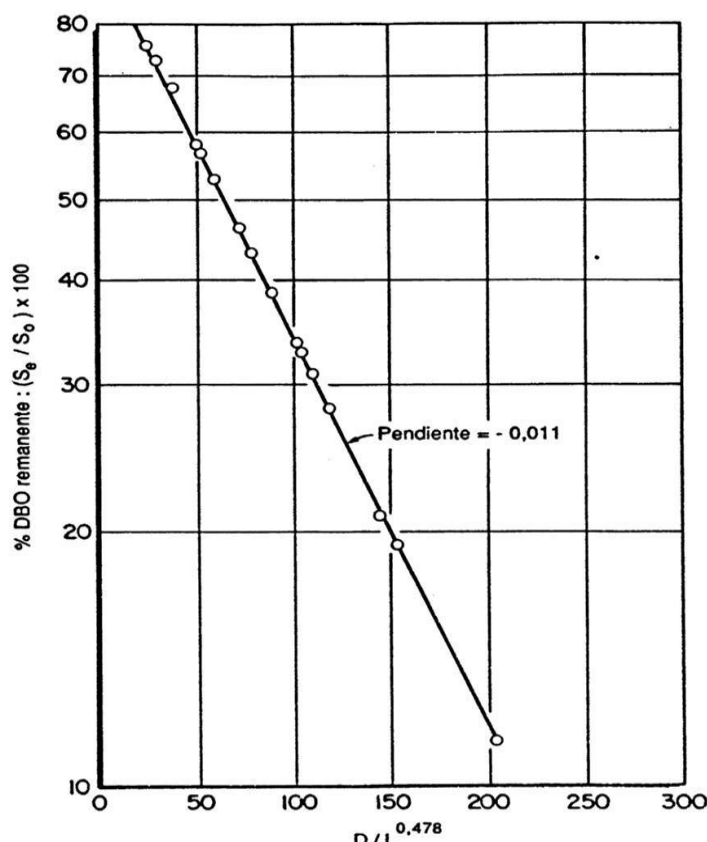


Figura N°4. Representación de $(S_e/S_o) \times 100$ en función de $D/L^{0,478}$.
Fuente: (Ramalho, 1993) p.487

Método NCR (Romero J., 2001):

Las ecuaciones de NCR para filtros percoladores son expresiones empíricas, desarrolladas a partir del estudio de los registros de operación de 34 plantas de lechos biopercoladores, para instalaciones militares, con medio de soporte de crecimiento biológico de piedras, en 1946.

Para filtros de una etapa sin recirculación:

$$E1 = \frac{1}{1 + 0,443 * \sqrt{\frac{CO}{V1 * F1}}}$$

Donde:

E1: Altura del lecho (m)

CO: Carga organica (Kg DBO/día)

V1: Volumen total del medio (m³)

F1: Factor de recirculación, R=0; F1=1.

$$E1 = \frac{1}{1 + 0,443 * \sqrt{\frac{423,36 \text{ Kg DBO/día}}{442,8 \text{ m}^3}}}$$

$$E1 = \frac{1}{1 + 0,443 * 0,977}$$

$$E1 = 0.7$$

$$Se = So * (E1 - 1)$$

Donde:

Se: DBO del efluente (mg/L)

So: DBO del afluente (mg/L)

$$Se = 140 \frac{\text{mg}}{\text{L}} (0.3)$$

$$Se = 42 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Una vez desarrollados ambos métodos, en vista de que el valor de la DBO a la salida del lecho biopercolador es casi la 2/3 del valor que rige la norma venezolana (60 mg/L), (Decreto N° 883, 1995), y considerando que aún faltan algunas etapas de tratamientos después del lecho, éste se puede seguir usando bajo las condiciones actuales, por lo que sólo se le debe hacer el mantenimiento.

APÉNDICE N°5. Diseño del Digestor de Lodos:

Diseño con base en la edad de los lodos. (Romero J., 2001)

En primer lugar es necesario calcular la cantidad de lodos producidos.

Consideraciones:

% remoción de sólidos totales (SST) en separadores primarios y secundarios: 70%

SST en las aguas residuales domésticas: 200 mg/L

Q_{máx.} = Caudal máximo de aguas residuales = 5208 L/min = 7500 m³/d

P_a = Humedad del lodo en fracción decimal = 0,98

S_L = Densidad relativa del lodo = 1,03

ρ_a = Densidad del agua = 1,0

En el sedimentador Primario:

$$R_{sst} = SST * \%remoción$$

$$R_{SST} = 200 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 0,7 = 140 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 140 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{LS1} = \frac{R_{SST} * Q_{m\acute{a}x}}{\rho_a * S_L * (1 - P_a)}$$

$$Q_{LS1} = \frac{140 \frac{g}{m^3} * 7500 \frac{m^3}{d}}{1000 \frac{g}{m^3} * 1060 * (1 - 0,98)}$$

$$Q_{LS1} = \frac{1050000 \frac{m^3}{d}}{21200}$$

$$Q_{LS1} = 49,53 \frac{m^3}{d}$$

En el sedimentador secundario:

$$R_{SST} = 60 \frac{mg}{L} * 0,7 = 42 \frac{mg}{L} = 42 \frac{g}{m^3}$$

$$Q_L = \frac{R_{SST} * Q_{m\acute{a}x}}{\rho_a * S_L * (1 - P_a)}$$

$$Q_{LS2} = \frac{42 \frac{g}{m^3} * 7500 \frac{m^3}{d}}{1000 \frac{g}{m^3} * 1060 * (1 - 0,98)}$$

$$Q_{LS2} = \frac{315000 \frac{m^3}{d}}{21200}$$

$$Q_{LS2} = 14,86 \frac{m^3}{d}$$

Caudal total de lodos producidos:

$$Q_{TL} = Q_{LS1} + Q_{LS2} + Q_{LLB}$$

$$Q_{TL} = 49,53 \frac{m^3}{d} + 14,86 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{TL} = 64,39 \frac{m^3}{d}$$

Una vez obtenido el caudal de lodo producido se procede al diseño del digestor de lodos, éste será de tipo anaerobio.

Se consideraron los siguientes parámetros:

θ_c = Edad de los lodos. (d), por el clima tropical se estima que el tiempo de digestión es 10 días.

Y= coeficiente máximo de producción de biomasa = 0,06 Kg SSV/Kg DBOR

k_d = constante de declinación endógena = 0,03 d⁻¹

DBO_U= 60% DQO mg/L

Donde:

Q= Caudal de aguas residuales (m³/d)

S_o= DBO Afluente. (mg/L)

S_e= DBO Efluente. (mg/L)

SS_f = Sólidos suspendidos fijos del afluente (mg/L)

SS_{VNB} = Sólidos suspendidos volátiles no biodegradables del afluente (mg/L).

Q_L = Caudal de lodos m^3/d

Cálculo del volumen del reactor.

$$V = Q_L * \theta_c$$

$$V_D = 64,4 \frac{m^3}{d} * 10 d = 644 m^3$$

Dimensiones del reactor:

Tipo de tanque: Cilíndrico

$V = 644 m^3$ = volumen útil

Relación Altura (h)/Diámetro = 1.5 (Romero J., 2001)

Cada reactor debe tener un borde libre de 1,2 m.

$$\frac{h}{4 * D} = 1.5$$

$$V = \pi * \frac{D^2}{4} * h$$

Usando estas dos ecuaciones, se tiene que las dimensiones de cada tanque son las siguientes:

$$D = 9 m$$

$$h = 14,5 m + 1,2 m = 15,7 m$$

Producción de gas:

Producción de metano:

$$V_{CH_4} = 0,35 * [Q * (S_0 - S)10^{-3} - (1,42 * P_x)]$$

Donde:

V_{CH_4} = Volumen de gas metano producido en condiciones normales 0 °C y 1 atm (m^3/d)

0,35 = cantidad teórica de metano producido en la conversión completa de 1Kg de DBO a CH_4 y CO_2 , ($m_3 CH_4/Kg DBO$)

Q = Caudal de Aguas residuales

S_0 = DBO del afluente $mg/L = 0,6 * DQO_a = 200 mg/L * 0,6 = 120 mg/L$

S = DBO del efluente $mg/L = 0,4 * S_0 = 48 mg/L$

P_x = masa de tejido celular producida por Kg/d .

La reducción típica de sólidos volátiles en un digestor anaerobio de lodos mezclados oscila entre 45% y 60%. La masa del tejido celular sintetizado diariamente en el digestor, se puede calcular con la siguiente ecuación (Romero J., 2001)

$$P_x = \frac{Y * (S_0 - S) * Q}{1 + k_d * \theta_c}$$

Donde:

Y = Coeficiente de producción (Kg/Kg)

k_d = constante de respiración endógena, (d^{-1})

θ_c = Edad del lodo.

$$P_x = \frac{0,06 * (120 - 48) \frac{g}{m^3} * 7500 \frac{m^3}{d} * \frac{1 Kg}{1000 g}}{1 + 0,03d^{-1} * 10 d}$$

$$P_x = 24,9 \frac{Kg}{d}$$

$$V_{CH_4} = 0,35 * [7500(72)10^{-3} - (1,42 * 24,9)]$$

$$V_{CH_4} = 176,6 \frac{m^3}{d}$$

Producción de gas: Se considera que el metano representa el 65% del gas total producido. (Romero J., 2001)

$$V_{gas} = \frac{V_{CH_4}}{0,65}$$

$$V_{gas} = \frac{176,6 \frac{m^3}{d}}{0,65} = 271,7 \frac{m^3}{d}$$

Donde:

V_{gas} = volumen de gas producido m^3/d

Cálculo de la carga orgánica:

$$CO = (72 \frac{g}{m^3} * 7500 \frac{m^3}{d} * 10^{-3} \frac{kg}{g})$$

$$540 \frac{kg}{d}$$

Cálculo de la carga orgánica volumétrica:

$$CO_v = \frac{CO}{V_D}$$

$$CO_v = \frac{540 \frac{kgDBO}{d}}{644 m^3}$$

$$CO_v = 0,83 \frac{kgDBO}{m^3d}$$

Cálculo del porcentaje de estabilización:

$$\%E = \left(\frac{0,6 * CO - 1,42 * P_x}{CO} \right)$$

$$\%E = \left(\frac{0,6 * 540 - 1,42 * 24,9}{540} \right) * 100 = 53,4\%$$

Cálculo de la masa de sólidos volátiles destruidos, suponiendo un % de SV=80%:

Remoción de sólidos totales=30% (Romero J, 2001)

Sólidos totales iniciales= $182 g/m^3$

$$S_{VD} = 0,8 * (54,6 \frac{g}{m^3} * 0,6 * 7500 \frac{m^3}{d} * 10^{-3} \frac{kg}{g})$$

$$S_V = 196,6 \frac{kg}{d}$$

Cálculo de la producción de gas por kg de sólidos volátiles destruidos:

$$\frac{V_{gas}}{S_{VD}} = \frac{271,17}{196,6} = 1,37$$

APÉNDICE N°6. Evaluación de los lechos de secado:

Cálculo del volumen de lodo enviado a los lechos:

Se considera un porcentaje de digestión del 67%, por lo tanto, la cantidad de lodo enviado a los lechos será

$$Q_{LL} = Q_L * (1 - 0,67)$$

Donde:

Q_{LL}= Caudal de lodos que va a los lechos (m³/d)

Q_L= Caudal de lodo producido. (m³/d)

$$Q_{LL} = 64,4 \frac{m^3}{d} * 0,33$$

$$Q_{LL} = 21,3 \frac{m^3}{d}$$

Capacidad de los lechos de secado:

En la planta se cuenta con 5 lechos de dimensiones idénticas, a continuación se procederá a calcular la capacidad de ellos con una torta de 30 cm de espesor y un tiempo de secado de 15 días ya que el clima tropical existente en la zona así lo permite:

$$V_{lecho} = L * A * h$$

Donde:

V_{lecho}= Capacidad del lecho.(m³)

L= largo del lecho (m)

A=Ancho del lecho (m)

h= altura de la torta (m)

$$V_{lecho} = 15,3m * 6,10m * 0,3m$$

$$V_{lecho} = 28,0m^3$$

Como el lodo tarda 15 días en secarse, se necesitan 16 lechos con el fin de cubrir el requerimiento, en la actualidad hay 5, por lo tanto se necesitan construir 11 unidades adicionales.

APÉNDICE N° 7. Evaluación de 3 lagunas de maduración en serie.

La planta de tratamiento posee un sistema de lagunas de maduración en serie que permiten desinfectar las aguas tratadas de dicha planta, a continuación en la tabla N°39, se observan las características principales de dichas lagunas, las cuales será evaluadas.

Tabla N°37. Características de las lagunas de maduración existente.

Fuente: Los Autores

Laguna	Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen(m ³)
01	1,5	11966	17494
02	1,5	13652	20478
03	1,5	10770	16155

Método basado en el período de retención.

Las lagunas de maduración siempre se dimensionan con mamparas o en serie en este caso todas deben tener las mismas dimensiones. Mara (1976) sugiere que el caudal del efluente de cada serie de lagunas de maduración debe ser menor que 5000 m³/día y preferiblemente mayor que 2500 m³/día, el caudal operación es de 3000 m³/día, valor que se encuentra dentro de las recomendaciones. El período de retención de las lagunas de maduración varía entre 3 y 10 días para dos o más lagunas en serie. Para una laguna de maduración el tiempo de retención debe ser igual o mayor a 5 días.

Tiempo de retención de la laguna N°01

$$t = \frac{V1}{Q_{med}}$$

Donde:

t = Tiempo de retención (día).

V1 = Volumen de laguna 01 (m³)

$$t = \frac{17494m^3}{3000 \frac{m^3}{día}}$$

$$3 \text{ días} \leq t = 5,8 \text{ días} \leq 10 \text{ días}$$

Tiempo de retención de la laguna N°02

$$t = \frac{V2}{Q_{med}}$$

Donde:

t = Tiempo de retención (día).

V2 = Volumen de laguna 02 (m³)

$$t = \frac{20478m^3}{3000 \frac{m^3}{día}}$$

$$3 \text{ días} \leq t = 6,8 \text{ días} \leq 10 \text{ días}$$

Tiempo de retención de la laguna N°03

$$t = \frac{V3}{Qmed}$$

Donde:

t = Tiempo de retención (día).

V3 = Volumen de laguna 03 (m³)

$$t = \frac{16155m^3}{3000 \frac{m^3}{día}}$$

$$3 \text{ días} \leq t = 5,3 \text{ días} \leq 10 \text{ días}$$

La cantidad de coliformes fecales (CF) que salen en el efluente de un sistema de lagunas en serie puede calcularse con la expresión siguiente:

$$N = \frac{No}{(1 + Kb * t)^n}$$

Donde:

N = número de coliformes fecales en el efluente (CF/100ml);

No = número de coliformes fecales en el afluente (CF/100ml);

Kb = coeficiente de remoción de coliformes fecales (1/días) = (2/día)

t = tiempo de retención en la laguna (días);

n = número de lagunas de maduración (adim).

Tabla N°38. Comparación de las aguas residuales municipales en relación a las escorrentías.

Fuente: Romero J. (2001). p. 22

Tipo de parámetro	DBO mg/L	SS mg/L	N Total mg/L	P Total mg/L	Coliformes CF/100 mL
ARC municipal	200	200	40	140	5×10^7
ART municipal Efluente primario	135	80	35	8	2×10^7
ART municipal Efluente secundario	25	15	30	5	1×10^3
AR combinada	115	410	11	4	5×10^6
Escorrentía superficial	30	630	3	1	4×10^5

En vista de que el agua residual tratada proviene de una etapa secundaria, se tomará como valor de referencia asociado a la cantidad de coliforme, el expresado en la tabla N°40, además se considerará un tiempo de retención de 5 días, el cual es un poco menor al arrojado en los resultados.

$$N = \frac{1 * \frac{10^3 CF}{100mL}}{(1 + 2 * 5)^3}$$

$$N = \frac{1000 CF}{1331 100mL}$$

$$N = 0,75 \frac{CF}{100mL}$$

Apéndice N° 8: Estimación de costos para rehabilitación y construcción en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Vitoria” del Distrito San Tomé

Tabla N° 39. Estimación de costos para la rehabilitación y construcción de las diferentes etapas de la Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Vitoria” del Distrito San Tomé

Fuente: Compañía PyF, C.A.

OBRA:	OPERACIÓN, ADECUACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS COMUNIDADES LOS PRÓCERES Y LA VICTORIA DEL DISTRITO SAN TOME, ESTADO ANOZOATEGUI				
CONTRATANTE	PDVSA, S.A.	TIEMPO EN DIAS	360		
REHABILITACION Y CONSTRUCCION					
N° DE PART	DESCRIPCION DE PARTIDA	UND	CANT.	P.U	PRECIO
R.1	Construcción e instalación de sistema de cribado, inc. desinstalación del cribado existente y bote de escombros originados por la actividad.	S.G	1	48785.45	48785.45
R.2	Rehabilitación, mantenimiento y puesta en marcha se sistema de caderas y unidad de desarenado, inc. motor 7 hp con caja de control y protección.	S.G	1	359245.	359245.01
R.3	Rehabilitación, mantenimiento y puesta en marcha se sistema de caderas de las unidades de separación, inc. motores de 10 hp cerrados con cajas de control y protección.	S.G	4	578145.29	2312581.16
R.4	Movilización y desmovilización de maquinarias.	Viajes	2	39878.72	79757.44
R.5	Excavación a máquina para estructuras, correspondiente a obras del digestor de lodo, de cualquier profundidad, inc. Bote	m3	1000	1743.33	1743330
R.6	Concreto de RCC 250 kg/cm2 a los 28 días, para la construcción de digestor de lodo cilíndrico incluye transporte del cemento y agregados hasta 50 km y el refuerzo metálico d=1/2"	m3	150	25521.29	3828193.5
R.7	Concreto de RCC 250 kg/cm2 a los 28 días, para la reestructuración de los lechos de secado incluye transporte del cemento y agregados hasta 50 km y el refuerzo metálico d=1/2"	m3	80	25521.29	2041703.2
R.8	Reparación de pared con bloque de 10 cm, inc. Frisado.	m2	20	7629.04	152580.8
R.9	Suministro e instalación de bomba centrífuga eje libre vertical 6x8" con motor eléctrico marca Westinghouse de 7,5 hp, 1150 rpm trabajo continuo trifásico 220 volt	UND	2	1245878.4	2491756.8
R.10	Suministro e instalación de bombas para aguas negras con un paso de sólidos de 2"• salida de 2", con motor de 1hp, 230v monofásica, caudal 4,5 lts/seg, a una carga de 10 m de altura incluye tuberías y tableros con protección.	UND	2	53579.62	107159.24
R.11	Reparación, mejora y reemplazo de partes dañadas de cerca tipo ciclo.	m	1350	1771.71	2391808.5
Total R.C					15556901.10

Apéndice N°9 : Estimación de costos para mantenimiento y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Vitoria” del Distrito San Tomé.

Tabla N°40. Estimación de costos para el mantenimiento y operación de la Planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades “Los Próceres” y “La Victoria” del Distrito San Tomé

Fuente: Compañía PyF, C.A.

OBRA	OPERACIÓN, ADECUACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS COMUNIDADES LOS PRÓCERES Y LA VICTORIA DEL DISTRITO SAN TOME, ESTADO ANOZOATEGUI				
CONTRATANTE	PDVSA Petróleo, S.A.	TIEMPO EN DIAS	360		
MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN					
N° DE PARTIDA	DESCRIPCION DE PARTIDA	UND	CANT.	P.U	PRECIO
M.1	Extracción, carga, transporte y disposición final de arena provenientes de la etapa de desarenado y entradas de sedimentadores.	m3	100	3807.12	380712.00
M.2	Extracción, carga, transporte y disposición final de lodo proveniente del lecho de secado y otras etapas.	m3	5110	3789.46	19364140.60
M.3	Limpieza y mantenimiento de las lagunas y sus alrededores. Incluye bote.	m2	20000	350.09	7001800.00
M.4	Análisis físico -químico y microbiológico para agua de riego (Decreto 883 Capítulo III, Art4-agua sub-tipo 2b).	UND	12	28444.00	341328.00
M.5	Análisis físico-químico (Decreto 883 art 10 agua sedimento)	UND	12	27952.00	335424.00
M.7	Visita del personal técnico a la planta, inc. monitoreo con laboratorio portátil, evaluación de los parámetros, temperatura, oxígeno disuelto, pH, caudal y turbiedad, además de la aplicación de insumos.	SG	365	9318.32	3401186.80
M.8	Mantenimiento de equipos mecánicos (motores, engranajes de transmisión, cadenas, bombas), inc. engrase.	SG	24	18396.11	441506.64
M.9	Limpieza general de la zona de trabajo con recolección de sólidos. Incluye bote	m2	2500	208.48	521200.00
M.10	Suministro y aplicación de pintura de aluminio difuso.	m2	1400	346.22	484708
M.11	Suministro y aplicación de pintura en aceite color marfil.	m2	1280	157.56	201676.8
M.12	Suministro y aplicación de pintura esmalte color rojo.	m2	1460	156.67	228738.2
M.13	Suministro y aplicación de pintura esmalte color blanco.	m2	680	117.56	79940.8
M.14	Suministro y aplicación de pintura trafico color amarillo.	m2	480	819.31	393268.8
Total R.C					33175630.64

Anexo N° 1: Análisis realizados a la planta por la empresa Eurolab Services



Informe de Resultados



I-9008

AGUA SERVIDA TRATADA

Fecha de Captación: 04/04/2013 Fecha de Impresión: 07/05/2013

Cliente P Y F

1. DATOS DE CAPTACIÓN DE MUESTRA

Cadena de Custodia: CC-132849 Precinto de Seguridad: 50852

Identificación de la Muestra: 9008

Hora de Captación:	11:30 a.m	Lugar de Captación:	Entrada a la Planta
Muestreador:	T.S.U. Ramón Mejías, T.S.U. Rafael Pacheco.	Coordenadas UTM:	0376988 - 0986269
Tipo de Captación:	Muestreo puntual	Ubicación Geográfica:	Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Comunidad de los Próceres y la Victoria, Municipio Freites, Estado Anzoátegui

Detalle de Captación : -

Transporte: Transportada al laboratorio con un tiempo en tránsito de 2 horas después de cerrada la cadena de custodia.

Observaciones: Tomada en la tubería de red cloacales (aguas negras)

EPP utilizado en la captación: Bragas, botas, guantes de nitrilo, mascarillas tapa boca, cascos.

Norma que aplica a la captación: COVENIN 2709:2002; SM 21^{HA} ED.

Imágenes:

ESPACIO INUTILIZADO

ESPACIO INUTILIZADO

Imagen 1. Captación de muestra

Imagen 2. Muestra con precinto

2. ENSAYOS REALIZADOS

Gaceta Oficial Extraordinaria 5.021 Decreto 883 Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Artículo 10, vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses

Calle las Flores, Sector el Cinco, Anaco, Estado Anzoátegui, Venezuela.
Teléfonos: +58.282.4244423 +58.282.4251196 +58.282.4251370 www.eurolabservices.com
RIF: J-31366472-3 Reg. MinAmb N°. 13-022; LDP 13-022

3. RESULTADOS

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos

Parámetros	9008	Unidades	Identificación de Metodología	Límite máximo Art. 10
Aceites minerales e hidrocarburos	4,00	mg/l	SM 5520 C; F; G	20 mg/l
Aceites y grasas vegetales y animales	10,0	mg/l	SM 5520 C; G	20 mg/l
Alquil mercurio	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	No detectable
Aluminio total	0,09	mg/l	COVENIN 3566:2000	5,0 mg/l
Arsénico total	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	0,5 mg/l
Bario total	0,07	mg/l	COVENIN 3566:2000	5,0 mg/l
Boro	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	5,0 mg/l
Cadmio total	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	0,2 mg/l
Cianuro total	N.D	mg/l	SM 4500 CN ⁻ D	0,2 mg/l
Cloruros	12,3	mg/l	SM 4500 Cl ⁻ B	1 000 mg/l
Cobalto total	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	0,5 mg/l
Cobre total	0,01	mg/l	COVENIN 3566:2000	1,0 mg/l
Color real	265	mg/l	COVENIN 3024-93	500 U Pt-Co
Cromo total	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	2,0 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO _{5,20})	34,0	mg/l	SM 5210 B	60 mg/l
Demanda química de oxígeno (DQO)	63,4	mg/l	SM 5220 C	350 mg/l
Detergentes	1,86	mg/l	SM 5540 C	2,0 mg/l
Dispersantes	1,86	mg/l	SM 5540 C	2,0 mg/l
Espuma	Ausente	-	Presencia – Ausencia	Ausente
Estaño	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	5,0 mg/l
Fenoles	0,20	mg/l	SM 5530 D	0,5 mg/l
Fluoruros	0,05	mg/l	SM 4500 F ⁻ D	5,0 mg/l
Fósforo total (P)	2,34	mg/l	COVENIN 3566:2000	10 mg/l
Hierro total	0,38	mg/l	COVENIN 3566:2000	10 mg/l
Manganeso total	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	2,0 mg/l
Mercurio total	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	0,01 mg/l
Nitrógeno total	10,1	mg/l	SM 4500 N C	40 mg/l
Nitritos + Nitratos (N)	N.D	mg/l	SM 4500 NO ₂ ⁻ ; NO ₃ ⁻	10 mg/l
pH	6,80	-	COVENIN 2462:2000	6 – 9
Plata total	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	0,1 mg/l
Plomo total	N.D	mg/l	COVENIN 3566:2000	0,5 mg/l
Selenio	0,01	mg/l	COVENIN 3566:2000	0,05 mg/l
Sólidos flotantes	Presente	mg/l	SM 2530	Ausentes
Sólidos suspendidos	12,0	mg/l	SM 2540 D	80 mg/l
Sólidos sedimentables	1,70	ml/l	SM 2540 F	1,0 ml/l
Sulfatos	48,7	mg/l	SM 4500 SO ₄ ²⁻ E	1 000 mg/l
Sulfitos	N.D	mg/l	SM 4500 SO ₃ ²⁻ B	2,0 mg/l
Sulfuros	N.D	mg/l	SM 4500 S ²⁻ F	0,5 mg/l
Zinc	0,08	mg/l	COVENIN 3566:2000	5,0 mg/l

Tabla 3. Biocidas

Parámetros	9008	Unidades	Identificación de Metodología	Límite máximo Art. 10
Organofosforados y Carbamatos	N.D	mg/l	SM 6610 B	0,25 mg/l
Organoclorados	N.D	mg/l	SM 6630 C	0,05 mg/l

Tabla 4. Análisis Microbiológico

Parámetros	9008	Unidades	Identificación de Metodología	Límite máximo Art. 10
Coliformes Totales	23,0	NMP/100 mL	SM 9221	1 000 NMP
Coliformes Fecales	N.D	NMP/100 mL	SM 9221	N.E.

mg/l = miligramos por Litro (partes por millón: ppm)

SM = Standard Methods

N.D. = No Detectable, por debajo del límite de detección analítico

N.E. = No Especificado en la legislación que aplica

* Límite del método

4. INTERPRETACION DE RESULTADOS


Los niveles de concentración de los parámetros analizados de la muestra de AGUA, procedente de la Entrada a la Planta, ubicada en Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Comunidad de los Próceres y la Victoria, Municipio Freites, Estado Anzoátegui, se encuentran en su mayoría dentro de los rangos máximos aceptables establecidos en Gaceta Oficial Extraordinaria 5.021 Decreto 883 Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Artículo 10, vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses. Sin embargo, los parámetros Sólidos flotantes y Sólidos sedimentables se encuentran fuera de especificación.

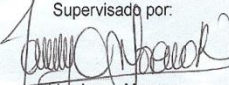
5. CONCLUSIONES

La muestra de AGUA, procedente de la Entrada a la Planta, ubicada en Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Comunidad de los Próceres y la Victoria, Municipio Freites, Estado Anzoátegui, **no cumple** con Gaceta Oficial Extraordinaria 5.021 Decreto 883 Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Artículo 10, vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses, para la hora y fecha de muestreo.



Por Eurolab Services C.A.,


T.S.U Yaniza Medina.
Coordinadora Laboratorio de Agua

Supervisado por:

Lic. Jenny Moreno
Supervisora Mayor y Calidad


T.S.U Clesmar Morey
Supervisora de Laboratorio

Aprobado por:

Lic. Daniel Salcedo
Gerente General

