



TESIS PROFESIONAL MANUAL DE OPERACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LA CÚSPIDE DE MUNICIPIO TLAPACOYAN, VERACRUZ.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



VERACRUZ
GOBIERNO
DEL ESTADO



SEV
Secretaría
de Educación

SEMSys
Subsecretaría de Educación
Media Superior y Superior



DET
Dirección de Estudios
Tecnológicos del Estado
de Veracruz



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



Manual de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales La Cúspide de municipio Tlapacoyan, Veracruz.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA
TORRE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:
LICENCIADA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presenta:
Marylin Zapo Reyes

Asesores:
Ing. Leonides Sánchez Mota
M. C. I. A Miguel Ángel López Ramírez
Ing. Mario Rafael Aguilar Rodríguez

Martínez de la Torre, Veracruz Julio, 2021

FICHA TÉCNICA

Estudiante

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Zapo Reyes Marylin

No. de control: 160I0086

Carrera: Ingeniería Ambiental

Correo: zmarylin@gmail.com

Asesor(es) y/o colaboradores ITSMT

Ing. Leonides Sánchez Mota

Ing. Mario Rafael Águilar Rodríguez

M.C.I. A Miguel Ángel López Ramírez

Datos del lugar donde se desarrolló el proyecto

Nombre o razón social

Laboratorio químico-agrícola Cedefrut

Dirección (calle, número, colonia, ciudad, código postal)

Km 2 Carretera Federal Martínez Tlapacoyan s/n Col. Santa Ana Martínez de la Torre, Veracruz. C.P. 93600

Asesor externo: Biol. Ana Maribel Morales del Moral

Departamento: Laboratorio

Cargo: Directora del laboratorio

Correo: anna_mdm@hotmail.com

Teléfono y extensión: 232375058 Ext. 124

FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL

	<p>Nombre del Documento: Liberación del Proyecto para Titulación Integral</p>	<p>No. Pág. 1/1</p>
---	--	-------------------------



Martínez de la Torre, Ver., a ____ de _____ del ____ -

C.XXXXXXXXXX
**JEFE(A) DE DEPTO. SERVICIO SOCIAL Y
 RESIDENCIAS PROFESIONALES
 INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA TORRE
 P R E S E N T E**

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del estudiante:			
Carrera:		No. De control:	
Nombre Proyecto:			
Opción Titulación:			

Agradezco su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados(as).

A T E N T A M E N T E

**NOMBRE Y FIRMA JEFE DEL DEPTO.
 ACADÉMICO**

 XXXXXXXXXXXX
ASESOR

 XXXXXXXXXXXXXXXX
REVISOR

 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
REVISOR

*solo aplica para el caso de tesis o tesina.

CGA Estudiante
 CGA Archivo

FL-005



Carta de Autorización de Entrega de Tesis en
Soporte Digital

Página 1 de 1

No. de Oficio: DET/ITSMT/DA/IA/076/2021
ASUNTO: Autorización de entrega

Martínez de la Torre, Ver., a 12 de octubre de 2021.

C. MARYLIN ZAPO REYES
No DE CONTROL 160I0086
EGRESADO (A) DE LA CARRERA
INGENIERÍA AMBIENTAL
P R E S E N T E

Por medio de la presente hago constar que ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el Lineamiento para la Titulación Integral.

Por tal motivo se autoriza la entrega de la Tesis en soporte digital titulada:

Manual de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales La Cúspide
de Municipio de Tlapacoyan, Veracruz.

Dándose un plazo máximo de 30 días naturales a partir de la fecha de la expedición de la presente para realizar la solicitud del Acta de Recepción para la obtención del Título Profesional.

M.C. I.A. MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ
RAMÍREZ
PRESIDENTE DE ACADEMIA DE
INGENIERIA AMBIENTAL

A T E N T A M E N T E

ING. GUADALUPE JIMENEZ BARRAGAN
JEFA DE CARRERA INGENIERIA
AMBIENTAL

C.c.p. División de Estudios Profesionales
C.c.p. Archivo



JEFATURA DE CARRERA
ING. AMBIENTAL

F-11-09
Rev. 1

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre y hermana por su enorme sacrificio para brindarme la educación, sobre todo su amor y tiempo animándome en todo momento. A mi abuelita que descansa en paz, un beso hasta el cielo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis asesores el Ing. Leonides Sánchez Mota, MCIÁ Miguel Ángel López Ramírez y Ing. Mario Rafael Aguilar Rodríguez quienes con sus conocimientos y apoyo me guiaron a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados planteados desde un inicio.

También quiero agradecer a la Biol. Ana Maribel Morales del Moral y al Laboratorio químico-agrícola Cedefrut por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación.

Quiero agradecer a mis compañeros y amigos por aportar parte de su conocimiento en este largo camino de aprendizaje. En especial, quiero hacer mención de mi abuelita que fue parte fundamental de todo mi recorrido académico, gracias infinitas hasta el cielo, a mi papá y hermana por ser los principales soportes de mi vida.

Por último y no menos importante quiero agradecer a Dios por permitirme culminar este proceso de mi carrera.

RESUMEN

La planta de tratamiento de aguas residuales vivero la cúspide perteneciente a la empresa Asperver-Agro localizada en ejido arroyo de piedra específicamente en el municipio de Tlapacoyan, Ver. Teniendo como actividad principal la prestación de servicios a terceros en la recepción de aguas residuales provenientes de distintas empresas que se encuentran alrededor del municipio ,como son Citrofrut, Wonderful, Copeel, etc. Las aguas residuales, antes de ser vertidas en los cuerpos receptores o cual sea el uso que se le dará, deben recibir un tratamiento adecuado, esto con la finalidad de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, para evitar que su disposición provoque problemas ambientales, sanitarios y en la salud de las personas. Con base a este principio, se propone recolectar y analizar toda la información técnica acerca de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales que contengan las siguientes operaciones unitarias; cribado, reactor de oxidación aeróbico, filtro anaerobio de flujo ascendente (F.A.F.A). Es relevante mencionar el tratamiento y disposición de los lodos generados en el proceso de depuración, por lo que su estabilización se realiza mediante lechos de secado. El objetivo de este Proyecto es elaborar un Manual de Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales vivero “La cúspide” además de que se propone la implementación de un diseño de tanque de almacenamiento. Con el fin de detallar el proceso de tratamiento, identificar los problemas operativos que pudiesen presentarse, y con base a la bibliografía establecer las soluciones más idóneas y contrarrestar las causas que lo generan. De esta forma se establecerá las frecuencias de mantenimiento en las unidades, para minimizar la aparición de cualquier problema que pueda presentarse en la normal operación. Esta información será documentada en el Manual de Operación, con el fin de cumplir con el objetivo de tener una operación adecuada, óptima y continua.

Palabras clave: *Aguas residuales, tanque de almacenamiento, manual de operación.*

ABSTRACT

The wastewater treatment plant vivero la cúspide belonging to the Asperver-Agro company located in ejido Arroyo de Piedra specifically in the municipality of Tlapacoyan, Ver. Having as main activity the provision of services to third parties in the reception of wastewater from different companies that are around the municipality, such as Citrofrut, Wonderful, Copeel, etc. Wastewater, before being discharged into the receiving bodies or Whatever the use that will be given, they must receive adequate treatment, this in order to modify their physical, chemical and microbiological conditions, to prevent their disposal from causing environmental, sanitary and human health problems. Based on this principle, it is proposed to collect and analyze all technical information about Wastewater Treatment Plants that contain the following unit operations; Screening, Aerobic Oxidation Reactor, Up Flow Anaerobic Filter (FAFA). It is relevant to mention the treatment and disposal of the sludge generated in the purification process, for which its stabilization is carried out by means of drying beds. The objective of this Project is to elaborate an Operation Manual for the Wastewater Treatment Plant nursery "La cúspide", in addition to proposing the implementation of a homogenization tank design since the flow of the treatment plant is not constant. due to the working day, type of production, etc. In order to detail the treatment process, identify the operational problems that may arise, and based on the bibliography establish the most suitable solutions and counteract the causes that generate it. In this way, the maintenance frequencies will be established in the units, to minimize the appearance of any problem that may arise in normal operation. This information will be documented in the Operation Manual, in order to fulfill the objective of having an adequate, optimal and continuous operation.

Keywords: *Wastewater, operating manual.*

CONTENIDO

FICHA TÉCNICA.....	ii
FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE TESIS EN SOPORTE DIGITAL	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
CONTENIDO	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	3
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
5. HIPÓTESIS	4
6. MARCO TEÓRICO	5
6.1.1 Clasificación de las aguas residuales.....	5
6.2 Características de las aguas residuales.....	6
6.2.1 Parámetros físicos.....	7
6.3 Sólidos	8
6.4 Parámetros químicos.....	9
6.5 Clasificación de microorganismos.....	11
6.6 Plantas de tratamiento de agua o plantas potabilizadoras	12
6.7 Tratamiento de aguas residuales.....	17
6.8 Tipos de tratamiento	17
6.9 Características generales.....	18
6.10 Tratamiento primario	19

6.11 Tratamiento secundario.....	21
6.12. Manual de operación.....	26
6.13. Tanque de almacenamiento	26
6.14. Tipos de tanque	27
7. MATERIALES Y MÉTODOS	30
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
9. CONCLUSIÓN.....	50
10. RECOMENDACIONES.....	51
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
12. ANEXOS	55

LISTA DE FIGURAS

<u>Fig. 1 Área de cribas o rastrillos</u>	19
<u>Fig. 2 Desarenado</u>	19
<u>Fig. 3 Tanque Imhoff</u>	20
<u>Fig. 4 F.A.F.A</u>	21
<u>Fig. 5 Biodisco</u>	21
<u>Fig.6 Laguna de estabilización</u>	22
<u>Fig. 7 Lodos activados</u>	22
<u>Fig.8 Intercambio Iónico</u>	23
<u>Fig.9 Elementos típicos de una membrana</u>	24
<u>Fig.10 Sistema de cloración para aguas residuales</u>	24
<u>Fig.11 Cámara de contacto con deflectores</u>	25
<u>Fig.12 Configuración básica de sistema UV</u>	26
<u>Fig.13 Tanque atmosférico</u>	27
<u>Fig.14 Tanque atmosférico techo fijo</u>	28
<u>Fig.15 Tanque atmosferico de techo flotante</u>	28
<u>Fig.16 Recipiente forma cilíndrica</u>	29
<u>Fig.17 Recipiente forma esférica</u>	29
<u>Fig.18 Tanque de almacenamiento de baja presión</u>	30
<u>Fig.19. Esquema de la PTAR vivero la Cúspide</u>	32

<u>Fig. 20 Diagrama de flujo de la planta de tratamiento</u>	34
<u>Fig.21 Árbol de problemas y soluciones de la PTAR</u>	35
<u>Fig.22 Rotoplas capacidad de 22000 L</u>	43
<u>Fig. 23 Manual de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales vivero La cúspide</u>	47
<u>Fig 24. Localizacion de la PTAR</u>	47
<u>Fig 25. Cribado</u>	48
<u>Fig 26. Cisterna de agua tratada</u>	49
<u>Fig 27. Diseño del tanque de almacenamiento</u>	51
<u>Fig 28. Localización de la planta de tratamiento de aguas residuales</u>	60
<u>Fig.29 Esquema de la PTAR vivero la Cúspide</u>	61
<u>Fig. 30 Sistema de control de la PTAR</u>	62
<u>Fig. 31. Cribado</u>	63
<u>Fig. 32 Malla o crib</u>	64
<u>Fig. 33. Sistema de tratamiento</u>	66
<u>Fig. 34. Bomba de trasvase</u>	67
<u>Fig 35. Método de oxidación aeróbica</u>	67
<u>Fig. 36. Funcionamiento del proceso</u>	68
<u>Fig 37. Soplador</u>	69
<u>Fig. 38 Difusor</u>	69
<u>Fig.39 Sistema de boquillas entrada hombre</u>	70
<u>Fig. 40. R.A.F.A</u>	72
<u>Fig 41. Lecho de secado</u>	73
<u>Fig 42. F.A.F.A</u>	75
<u>Fig. 43 Tratamiento biocida</u>	76
<u>Fig. 44 Cisterna de agua tratada</u>	77

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla 1. Límites de calidad del agua aceptables par a el tratamiento mediante filtración rápida completa</u>	14
---	----

<u>Tabla 2. Límites de calidad del agua par a plantas de filtración directa</u>	14
<u>Tabla 3. Límites de calidad del agua par a tratamiento mediante filtración lenta</u>	15
<u>Tabla 4. Límites de calidad del agua para tratamiento mediante filtración lenta</u>	16
<u>Tabla. 5 Constante de resistencia para la sección 1</u>	38
<u>Tabla. 6 Constante de resistencia para la sección 2</u>	38
<u>Tabla. 7 Material PVC para arreglo en tanque de almacenamiento</u>	43
<u>Tabla.8 Material requerido para base del Rotoplas</u>	45

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso fundamental para la vida tanto de los seres humanos como del resto de las especies de la tierra. Con un planeta cada vez más poblado y el cambio climático haciendo estragos en muchas partes del mundo, la gestión, conservación y acceso al agua en buenas condiciones es cada vez más difícil sobre todo en los países en desarrollo (Gonzalez, 2014) En promedio se necesitan 3.000 L de agua por persona para generar los productos necesarios para la alimentación diaria. Aunque la irrigación para fines agrícolas representa apenas 10% del agua usada, ésta es la actividad de mayor consumo de agua dulce del planeta. El crecimiento acelerado de la población, especialmente en países en vía de desarrollo; la contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterránea; la distribución desigual del recurso hídrico y los graves períodos secos; han forzado a buscar nuevas fuentes de abastecimiento de agua, considerándose a las aguas residuales una fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso. (Fao y Fida, 2006) (Silva, 2008)

Por ello, resulta importante que para combatir la contaminación de los cursos y cuerpos de agua se realice un adecuado tratamiento de los desechos líquidos, haciéndose imprescindible ejecutar una buena operación y mantenimiento de cada uno de los procesos que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales.

La empresa Asperver-Agro ubicada en el municipio de Tlapacoyan, Ver. Es una empresa que se dedica a la prestación de servicios a terceros. La recepción de agua se realiza en la planta de tratamiento (PTAR) vivero la cúspide en donde se reciben aguas residuales de diferentes procesos en donde se requiere del uso de agua.

Toda esta agua residual llega al sistema de tratamiento de tipo descentralizado compuesto por un sistema cerrado y enterrado, con un sencillo tren de 5 etapas, donde los principios de tratamiento serán procesos anaerobios y naturales. En donde su disposición final es la de riego para áreas verdes mientras que los lodos pertenecientes al lecho de secado serán utilizados como abono para el vivero.

El manejo y el mantenimiento de la planta de tratamiento debe estar basada en el manual de operación en donde se identifiquen los procesos que hagan posible el funcionamiento

óptimo, eficiente y efectivo de la planta sin que se produzcan interrupciones debidas a fallas de cualquiera de los elementos, procesos u operaciones.

En ningún momento el manual de mantenimiento debe ser absoluto, periódicamente debe ser sometido a revisiones para actualizarlo a las necesidades existentes en cada momento.

2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La problemática ambiental tiene dimensión global y para caracterizarla se habla de la contaminación en general, que afecta a diversos servicios ecosistémicos trayendo como consecuencia su deterioro, esto está directamente ligado al bienestar humano, sus formas de vida y las técnicas que utilizan para explotar recursos naturales para el bienestar humano en la tierra. (Vaca, 2016).

Por lo que el Vivero la cúspide localizado en el ejido Arroyo Piedra, municipio de Tlapacoyan, Ver. que ha prestado servicios a terceros desde hace muchos años optó en técnicas de mejora continua y enfocados a contribuir con el bienestar del medio ambiente se propuso construir una planta de tratamiento de aguas residuales que tiene por objeto la depuración del agua para posteriormente darle un segundo uso en el sistema de riego en el mismo vivero ya antes mencionado. Como es una planta de tratamiento nueva que corresponde al sistema de tratamiento de las aguas residuales servidas generadas por módulos de baños móviles pertenecientes a el vivero la cúspide se inclinó en la implementación de una manual de operación que describa el proceso, indique las operaciones unitarias, contenga el levantamiento de los problemas existentes y sus causas, así como las soluciones más idóneas que pudiesen presentarse durante la operación de la misma.

Por lo cual es necesario que el personal encargado disponga de un Manual de Operación como sustento técnico y práctico que le facilite realizar las actividades de operación, control y mantenimiento en cada operación unitaria, así como el uso de equipamiento indispensable para realizar las actividades, con el objetivo de precautelar la salud del personal y de la infraestructura de la planta.

3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como propósito elaborar un manual de operación y mantenimiento para la optimización de los procesos de depuración de las aguas residuales, esto debido a que el efluente de la planta descargue sus aguas al sistema de riego en el vivero la cúspide esto en base al cumplimiento de la normativa ambiental. El Manual de Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales vivero la Cúspide tienen como finalidad brindar las herramientas necesarias para el correcto funcionamiento de los equipos e infraestructura que compone la planta de tratamiento de aguas residuales.

El objetivo es facilitar al personal técnico encargado en la planta, un manual que sirva de referencia para los usuarios donde se especifique la operación correcta de la planta de tratamiento de agua residual, así como la resolución de problemas que pudieran presentarse durante la operación de la misma. Dicho manual abordará los elementos necesarios para gestionar adecuadamente las rutinas de mantenimiento preventivo, inspecciones y operación de los equipos con la certeza de que se llevaran a cabo dichas acciones basándose en el manual.

He aquí la justificación de tener un Manual de operación, que describa las actividades a ejecutarse, de esta manera se garantizará un correcto funcionamiento de la PTAR con el fin de evitar que se produzcan paralizaciones importunas, debido a la falta de mantenimiento en las unidades y esto ayudará a asegurar la vida útil de la infraestructura de la planta.

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un manual de operación que sirva de referencia para los usuarios donde se especifique la operación correcta de la planta de tratamiento de agua residual, así como la resolución de problemas que pudiesen presentarse durante la operación de la misma.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Instruir a los operadores en la solución de problemas que se presenten en la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Facilitar las orientaciones básicas para los encargados de operar el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Diseñar un tanque de almacenamiento para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.

5. HIPÓTESIS

De acuerdo a la jornada de trabajo se originan aguas residuales que llegan a la planta de tratamiento, con variaciones de caudal y/o composición a lo largo del día muy importantes, que pueden dar lugar a un funcionamiento incorrecto de las etapas de proceso. Es por ello que se propone la implementación de un tanque de almacenamiento con la finalidad de almacenar la cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de una población y regular la presión adecuada en el sistema de distribución dando así un servicio eficiente.

6. MARCO TEORICO

El agua en el mundo

A nivel mundial se estima la disponibilidad de agua promedio anual en 1 386 billones de hectómetros cúbicos (hm³). De ésta, 35 billones de hm³ son agua dulce (2.5%). Del agua dulce, el 70% no están disponibles por encontrarse en glaciares, nieve, hielo; 10.5 millones de hm³ se encuentran como agua subterránea, solamente 0.14 billones de hm³ se encuentran en lagos, ríos, humedad en suelo y aire, humedales y plantas (CONAGUA, 2019).

Importancia del agua

Según (CONAGUA, 2011) El agua es uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta. Los seres humanos dependemos de su disponibilidad no sólo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales. Aun cuando el tema del agua se ha centrado principalmente en las necesidades humanas, es indispensable destacar su importancia como elemento clave para el funcionamiento y mantenimiento de los ecosistemas naturales y su biodiversidad. Sin el agua que garantice su función y mantenimiento, los ecosistemas naturales se degradan, pierden su biodiversidad y con ello dejan de proveer o reducen la calidad de los bienes y servicios ambientales que sostienen a las sociedades.

Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (CONAGUA, 2004).

6.1.1 Clasificación de las aguas residuales

El agua residual se clasifica de acuerdo a su origen, entre estos se encuentran los siguientes:

1. Agua residual domestica: De manera específica, las aguas residuales domésticas hacen referencia a aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas,

lavanderías, etc.), consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares (Mara, 1990). Se estima que las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en su tratamiento y su disposición (Díaz, et al.,2012).

2. Aguas blancas: Pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.
3. Aguas residuales industriales: Proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales (Espigares y Pérez,1985).
4. Aguas residuales agrícolas: Procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo. Estas son aguas que han sido utilizadas en procesos industriales y que han recibido subproductos contaminantes, su calidad varía de acuerdo al tipo de empresa y se requiere de un estudio particular para cada industria (Espigares y Pérez,1985).

6.2 Características de las aguas residuales

De acuerdo a (Valledupar, 2012) Las aguas residuales frescas recién producidas y con contenido de oxígeno disuelto, son un líquido turbio de color gris y cuyo olor no es francamente ofensivo. Se observan sólidos flotantes de gran tamaño (materia fecal, papel, desperdicios de cocina, etc.) y sólidos desintegrados de menor tamaño, su aspecto turbio es debido a la presencia

de sólidos muy pequeños en suspensión coloidal.

La presencia de otros colores y olores se explica por la mezcla de aguas residuales procedentes de diversas industrias. La turbiedad del agua residual se mide por el grado de transparencia y presenta una estrecha relación con el contenido de material contaminante (Valledupar, 2012).

6.2.1 Parámetros físicos

Color, olor y sabor son lo que se denomina propiedades organolépticas o determinables por los sentidos. No suelen ser una medida precisa del nivel de contaminación, aunque su presencia es un indicio de que la depuración de un efluente no está siendo correcta. Tiene gran importancia en aguas potabilizables, por el rechazo que puede darse en el consumidor al detectar colores, olores o sabores que no asocie con “agua pura” (Aznar, 2000).

Color

No existe una relación directa entre color y grado de contaminación, pues al tratarse de un parámetro fuertemente influido por interferencias con otras sustancias coloreadas, es difícil su evaluación absoluta. Dado que muchas de las sustancias coloreadas se degradan con el tiempo, la determinación del color se debe realizar en las veinticuatro horas posteriores a la toma de muestra, conservándose las mismas refrigeradas (2-5 °C) y en la oscuridad (Aznar, 2000).

Olor

Generalmente los olores son producidos por sustancias volátiles (COV's) o gaseosas (H₂S, NH₃, etc.), y suelen ser debidos a materia orgánica en descomposición o productos químicos producidos o empleados en la industria y tratamiento de aguas residuales. El olor se determina por sucesivas diluciones de la muestra original con agua inodora (T^a ≈ 40 °C) hasta que es indetectable (umbral de percepción), siendo un ensayo muy subjetivo y de escasa reproducibilidad.

Sabor

Suele estar íntimamente asociado al olor (respuesta fisiológica parecida). Algunas sustancias, como es el caso de sales de cobre, zinc o hierro, pueden modificar el sabor, sin alterar el color del efluente. Su determinación se efectúa, al igual que el olor, por dilución hasta determinar el umbral de percepción y sólo se realizará con muestras que sean sanitariamente aptas para consumo humano. (Aznar,2000).

Conductividad

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala (Sanabria, 2006).

6.3 Sólidos

Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Es el material soluble constituido por materia inorgánica y orgánica que permanece como residuo después de evaporar y secar una muestra previamente filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio con poro de 1,5 μm a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Es el material constituido por los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos y coloidales que son retenidos por un filtro de fibra de vidrio con poro de 1,5 μm secado y llevado a masa constante a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (CONAGUA, 2015).

- Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV).
- Son aquellos sólidos suspendidos que se volatilizan en la calcinación a $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sólidos Totales (ST)

Es el residuo que permanece en una cápsula después de evaporar y secar una muestra a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sólidos Totales Volátiles (STV)

Cantidad de materia orgánica e inorgánica que se volatiliza por el efecto de la calcinación a $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (CONAGUA, 2015).

Turbiedad

La presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poca atractiva que puede ser dañina. La turbiedad en el agua la pueden causar las partículas de arcilla y limo, descargas de aguas residuales, desechos industriales o la presencia de números microorganismos, la turbidez es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y se absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra. (Vaca, 2016).

6.4 Parámetros químicos

Demanda bioquímica de oxígeno

Mide la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica. En condiciones anaerobias, la cantidad de sustrato que puede ser degradado biológicamente es con frecuencia mayor que el representado por la concentración de la DBO del agua residual.

Demanda química de oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno que se consume al oxidar la materia orgánica por medio de un oxidante fuerte (dicromato de potasio) en un medio ácido. La prueba, a diferencia de la DBO, es muy rápida pero también se oxidan compuestos inorgánicos elevando el valor de la DQO. Casi todas las sustancias orgánicas se oxidan en su totalidad (CONAGUA,s.f).

Fósforo

Es esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas. Es de interés removerlo de las aguas residuales municipales debido a que al ser descargados a los cuerpos de agua superficiales favorecen la eutroficación. Las formas más usuales son los polifosfatos, fosfatos orgánicos y ortofosfatos, estos últimos son aptos para el metabolismo biológico.

Grasas y aceites

Se consideran grasas y aceites a los compuestos de carbón, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua; recubren la superficie con la cual entran en contacto, forman una iridiscencia e interfieren con la actividad biológica debido a que son difíciles de biodegradar (CONAGUA,s.f).

Nitrógeno

Es un elemento importante ya que las reacciones biológicas sólo pueden efectuarse en presencia de suficiente nitrógeno. Este se encuentra presente en las siguientes formas en el agua.

- Nitrógeno orgánico: presente en proteínas, aminoácidos y urea.
- Nitrógeno amoniacal: nitrógeno como sales de amoniaco; por ejemplo, carbonato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, amoniaco libre (NH_3) o hidróxido de amonio (CONAGUA,s.f).

Potencial hidrógeno (pH)

El pH es una variable importante en el manejo de la calidad del agua pues influye en los procesos químicos y biológicos. Mide el balance de acidez de una solución y se define como el logaritmo negativo en base 10 de la concentración del ión H_3O^+ . La escala de pH va del 0 al 14 (muy ácido a alcalino), el valor de 7 representa la neutralidad. En un agua no contaminada el pH es el controlador principal del balance entre el CO_2 , CO_3^{2-} y el HCO_3^- , así como de otros compuestos naturales como los ácidos fúlvicos y húmicos. (Agua, 2007).

Metales pesados

No exista una definición única de metales pesados que permita enumerarlos y clasificarlos. Algunos criterios para definirlos de acuerdo a (Muñoz, 2008) son:

- La densidad relativa de metal
- La localización dentro de la tabla periódica de los elementos
- La respuesta específica zoológica o botánica
- La toxicidad del elemento

Los metales pesados, en altas concentraciones, son tóxicos, aunque alguno de ellos, como el cobre zinc y molibdeno, son esenciales para los organismos vivos. El mercurio, cadmio y plomo son en general tóxicos y reciben gran atención por ser elementos que se magnifican biológicamente, en el medio natural, a través de la cadena alimenticia.

Carbono

Es la cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico y se usa frecuentemente como indicador no específico de la calidad del agua. Se mide por la cantidad de dióxido de carbono que se genera al oxidar la materia orgánica en condiciones especiales.

Fenoles

Son compuestos orgánicos comunes en aguas residuales industriales. Dentro del análisis de este compuesto, se pueden considerar los polifenoles, clorofenoles, fenoxiciados y cresoles. Estos compuestos pueden causar problemas en aguas de consumo humano, si están han sido tratadas con cloro. En sistemas biológicos de tratamiento de agua residual, son difíciles de degradar, sin embargo, en algunos sistemas se ha reportado que los procesos pueden soportar 500 mg/L (Vaca, 2016).

6.5 Clasificación de microorganismos

Casi todos los desechos orgánicos contienen grandes cantidades de microorganismos

(patógenos y no patógenos); el agua residual contiene más de 10⁶ células bacterianas m/L, pero los números reales presentes regularmente no se determinan. Después del tratamiento convencional del agua residual el efluente todavía contiene una gran cantidad de microorganismos, al igual que muchas aguas superficiales naturales, los microorganismos patógenos deben eliminarse (CONAGUA, s.f).

Coliformes

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características de importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y alimentos. Los coliformes como indicadores tradicionalmente, se han considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano. Esto se debe a que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales, y porque su origen es principalmente fecal.

Coliformes fecales

Se define como coliformes fecales a aquellos que fermentan la lactosa a 44.5 – 45.5 °C; análisis que permite descartar a *Enterobacter*, puesto que ésta no crece a esa temperatura. Si se aplica este criterio crecerán en el medio de cultivo principalmente *Escherichia coli* y algunas bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Citrobacter*. La prueba de coliformes fecales positiva indica un 90 por ciento de probabilidad de que el coliforme aislado sea *Escherichia coli*. Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición (CONAGUA,s.f).

6.6 Plantas de tratamiento de agua o plantas potabilizadoras

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas.

Tipos de plantas de tratamiento de agua

De acuerdo a (Vargas, s.f) Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta. También se pueden clasificar, de acuerdo con la tecnología usada en el proyecto, en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente.

Plantas de filtración rápida

Estas plantas se denominan así porque los filtros que las integran operan con velocidades altas, entre 80 y 300 m³ /m². d, de acuerdo con las características del agua, del medio filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones. Como consecuencia de las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio.

En esta situación, se aplica el retrolavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) para descolmatar el medio filtrante devolviéndole su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad. De acuerdo con la calidad del agua por tratar, se presentan dos soluciones dentro de este tipo de plantas: plantas de filtración rápida completa y plantas de filtración directa (Vargas,s.f).

Planta de filtración rápida completa

Una planta de filtración rápida completa normalmente está integrada por los procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección.

El proceso de coagulación se realiza en dos etapas: una fuerte agitación del agua para obtener una dispersión instantánea de la sustancia coagulante en toda la masa de agua (mezcla rápida) seguida de una agitación lenta para promover la rápida aglomeración y crecimiento del floculo (etapa de floculación) (Vargas,s.f).

Tabla 1. Límites de calidad del agua aceptables para el tratamiento mediante filtración rápida completa

Parámetros	90 % del tiempo	80 % del tiempo	Esporádicamente
Turbiedad (UNT)	<1.000	<800	<1.500; si excede, considerar presedimentación
Color (UC)	<150	<70	
NMP de coliformes termotolerantes/100 mL	<600		Si excede de 600, se debe considerar predesinfección

Fuente: (Vargas, s.f)

Filtración directa

Es una alternativa a la filtración rápida, constituida por los procesos de mezcla rápida y filtración, apropiada solo para aguas claras. Son ideales para este tipo de solución las aguas provenientes de embalses o represas, que operan como grandes presedimentadores y proporcionan aguas constantemente claras y poco contaminadas.

Tabla 2. Límites de calidad del agua para plantas de filtración directa

Alternativa	Parámetros	90% del tiempo	80 % del tiempo	Esporadicamente
Filtración directa descendente	Turbiedad	25-30	<20	<50
	Color verdadero (UC)	<25		
	NMP de coliformes totales/100 mL	<2.500		
	Concentración de algas (unidades/mL)	<200		
Filtración directa ascendente	Turbiedad (UNT)	<100	<50	<200
	Color (UC)	<60		<100
Filtración directa ascendente-descendente	Turbiedad (UNT)	<250	<150	<400
	Color (UC)	<60		<100

Fuente: (Vargas, s.f)

Plantas de filtración lenta

Los filtros lentos operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h⁻¹; esto es, con tasas como 100 veces menores que las tasas promedio empleadas en los filtros rápidos; de allí el nombre que tienen. También se les conoce como filtros ingleses, por su lugar de origen. Los filtros lentos simulan los procesos de tratamiento que se efectúan en la naturaleza en forma espontánea, al percolar el agua proveniente de las lluvias, ríos, lagunas, etcétera, a través de los estratos de la corteza terrestre, atravesando capas de grava, arena y arcilla hasta alcanzar los acuíferos o ríos subterráneos. Al igual que en la naturaleza, los procesos que emplean estos filtros son físicos y biológicos (Vargas, s.f.).

Tabla 3. Límites de calidad del agua para tratamiento mediante filtración lenta

Proceso	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro lento	Turbiedad (UNT)	<20	<10	<50
	Color verdadero (UC)	<15	<5	
	Concentración de algas (UPA/mL)	250		
	DBO5 (mg/L)	5		
	NMP de coliformes totales/100 mL	1000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	500		
	Turbiedad (UNT)	25		
	Color (UC)	15	<5	<25

Filtro lento + prefiltro de grava	NMP de coliformes totales/100 mL	5000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	1000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1000		
Filtro lento + prefiltro de grava + sedimentador	Turbiedad (UNT)	100	<50	<500
	Color (UC)	<15	<5	<25
	NMP de coliformes totales/100 mL	10000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	3000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1000		

Fuente: (Vargas, s.f)

Tabla 4. Límites de calidad del agua para tratamiento mediante filtración lenta

Proceso	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
	Turbiedad (UNT)	100	<50	<500
	Color (UC)	<15	<5	<25

Filtro lento + Prefiltro de grava + sedimentador	NMP de coliformes fecales/100 mL.	3,000		
	NMP de coliformes totales/100mL.	10,000		
	Concentracion de algas (UPA/mL)	1,000		

Fuente: (Vargas, s.f)

6.7 Tratamiento de aguas residuales

Proceso de Tratamiento.

Según (Arriaza, 1999) Los principales procesos de tratamiento para aguas residuales son los físicos, químicos y biológicos.

Procesos Físicos

Se basan en las propiedades físicas que incluyen en la superación de sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales y su estabilización, la remoción de partículas flotantes, la retención de partículas de gran tamaño, desechos sólidos (basura), etc.

Procesos Químicos

Consisten en la separación o transformación de las sustancias sedimentables, flotantes y disueltas mediante el uso de sustancias químicas. Un sistema utilizado en este proceso es el uso de algún desinfectante para eliminar elementos patógenos existentes en el agua

Procesos Biológicos

Para estos procesos se utiliza la actividad de ciertos microorganismos para la oxidación y mineralización de sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales.

6.8 Tipos de tratamiento

Los tipos de tratamiento se pueden clasificar en tratamientos preliminares o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, terciario y tratamientos especiales o de pulimento (Arriaza, 1999)

Tratamientos primarios.

Son el conjunto de unidades que tiene como finalidad eliminar materiales que perjudican al sistema de conducción, como materiales flotantes; sólidos orgánicos en suspensión, como arenas; etc. Las principales unidades son las rejillas o cribas de barra y el desarenador.

Tratamiento secundario.

La finalidad de este es la remoción de sólidos suspendidos y esto puede ser por medio de sedimentación, filtración, flotación, floculación y precipitación.

Las principales unidades para esta fase son la fosa séptica, el tanque Imhoff, sedimentadores secundarios, reactores biológicos de flujo ascendente (R.B.F.A).

Tratamiento terciario.

La finalidad de este es la remoción de material coloidal y en suspensión. Para esto al utilizar procesos biológicos, se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, lo mismo que en su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica, convirtiéndola en materia celular, productos inorgánicos, o material inerte. Los microorganismos pueden ser: aerobios y anaerobios. (Arriaza, 1999).

6.9 Características generales

Pretratamiento

Rejillas o cribas de barras.

La operación de cribado o desbaste se emplea para remover el material grueso, generalmente de basura flotante o en suspensión, contenida en las aguas residuales crudas que pueden obstruir o dañar bombas, tuberías y equipos de las plantas de tratamiento o interferir con la buena operación de los procesos de tratamiento. El cribado puede ser grueso si se emplean rejillas, medio con rejillas o fino si se usan rejillas finas (CONAGUA,2007).

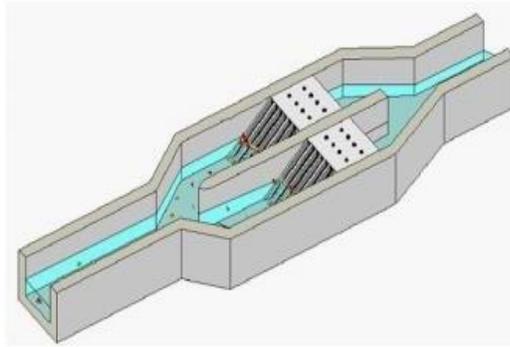


Fig. 1 Área de cribas o rastrillos

Fuente: Inc,2010.

Desarenadores

Los desarenadores son estructuras hidráulicas que tienen como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente superficial permite pasar. Hay varios tipos de desarenadores; tipo Detritus y tipo Remolino. Los más comunes en las plantas de aguas residuales son los desarenadores detritus de flujo vertical. En estos el flujo se efectúa desde la parte inferior hacia arriba.

Las partículas se sedimentan mientras el agua sube. Pueden ser de formas muy diferentes: circulares, cuadrados o rectangulares.

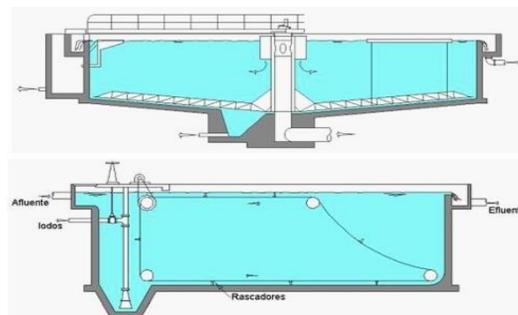


Fig. 2 Desarenado

Fuente: Inc,2010.

6.10 Tratamiento primario

Tanques Imhoff

Los tanques Imhoff son una variante de la cámara séptica. Están formados por dos cámaras; una cámara superior o cámara de flujo, a través de la cual pasan las aguas residuales a una velocidad muy baja y una cámara inferior o cámara de lodos en la que ocurre la fermentación y descomposición de la materia orgánica. Los sólidos de las aguas residuales o “lodos”, se sedimentan en el fondo de la cámara superior que tiene las paredes de su fondo en declive. En el punto inferior de la cámara existe una ranura a través de la cual los sólidos sedimentados caen en la cámara inferior, aislando así las condiciones sépticas y los malos olores provenientes de la digestión de los lodos y evitando su contacto con la corriente de aguas residuales que pasa por la cámara superior. (Ministerio del agua, 2007).

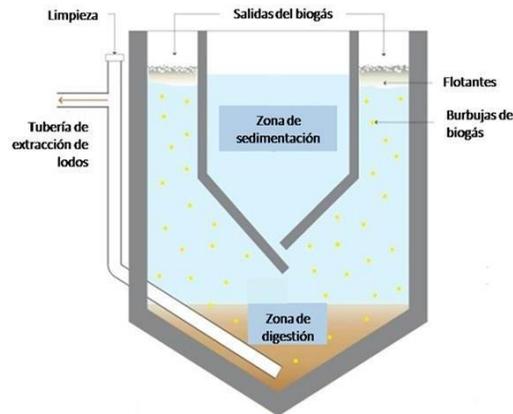


Fig. 3 Tanque Imhoff
Fuente: Ministerio del agua, 2007

Filtro anaerobio de flujo ascendente

Los filtros son unidades de tratamientos físicos y biológicos. Están constituido por una columna rellena de material filtrante (piedra, grava, arena, anillos de plástico u otro material) que generalmente tienen un tamaño de partícula de 3 a 5 centímetros, en el cual se desarrolla el crecimiento biológico anaerobio (EPMAPS, 2014).

Los parámetros más importantes del medio filtrante son la superficie específica y la porosidad, la superficie específica nos permite conocer la cantidad de carga orgánica que puede soportar el filtro, mientras mayor sea la superficie específica mayor capacidad de carga orgánica tendrá, mientras que a mayor porosidad se produce menos atascamientos (José & Seco Torrecillas, 2008). El agua residual entra en contacto con el crecimiento bacterial adherido al

medio filtrante, que degrada la DBO del afluente dando como resultado un efluente clarificado con una menor carga orgánica. (Velasco, 2017).

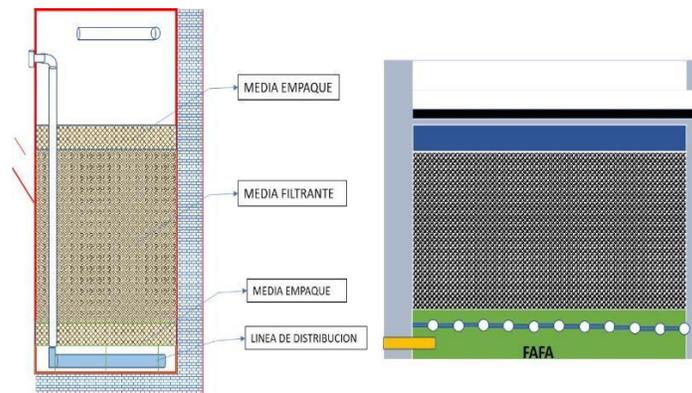


Fig. 4 F.A.F.A

Fuente: Propia

6.11 Tratamiento secundario

Biodisco

Es tan eficaz como los lodos activados, requiere un espacio mucho menor, es fácil de operar y tiene un consumo energético inferior. Está formado por una estructura plástica de diseño especial, dispuesto alrededor de un eje horizontal. Según la aplicación puede estar sumergido de un 40 a un 90% en el agua a tratar, sobre el material plástico se desarrolla una película de microorganismos, cuyo espesor se autorregula por el rozamiento con el agua, en la parte menos sumergida, el contacto periódico con el aire exterior es suficiente para aportar el oxígeno necesario para la actividad celular (Henry, J; et a.,1999).



Fig. 5 Biodisco

Fuente: Villatoro, 2016

Lagunaje

El sistema de lagunaje es entendido como la disposición de las aguas servidas en depresiones naturales, o construidas con el fin de depurar las aguas servidas. El tratamiento se

puede realizar en grandes lagunas con largos tiempos de retención que les hace prácticamente insensibles a las variaciones de carga, pero que requieren terrenos muy extensos. La agitación debe ser suficiente para mantener los lodos en suspensión excepto en la zona más inmediata a la salida del efluente (Villatoro, 2016).



Fig.6 Laguna de estabilización

Fuente: Villatoro, 2016

Lodos activados

Este proceso crea poblaciones biológicamente activas que son capaces de absorber la materia orgánica de aguas residuales convertidas por un sistema de oxidación, por enzimas en productos finales simples como CO_2 , H_2 , NO_3 Y SO_4 . Los lodos biológicos que se desarrollan biológicamente en las aguas residuales sometidas a aireación contienen una parte considerable de material coloidal y en suspensión (Bermeo, 2016).



Fig. 7 Lodos activados

Fuente: Bermeo, 2016

Tratamiento terciario

Si el efluente obtenido hasta este punto no cumple con las normas ambientales para descarga, debe aplicar tratamiento terciario, hasta lograr eliminar los compuestos orgánicos e

inorgánicos que afecten la calidad del agua. El tratamiento terciario o avanzado puede tener diversos fines depende el proceso que se requiera (Bermeo, 2016).

Intercambio Iónico

Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante. La aplicación habitual de estos sistemas, es por ejemplo, la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones.

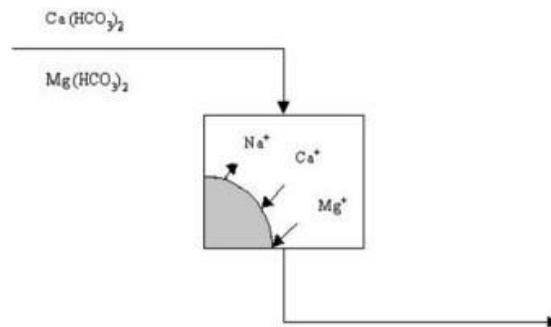


Fig.8 Intercambio Iónico

Fuente: Inc,2010

Ósmosis Inversa

Consiste en aplicarle a la disolución concentrada una presión superior a la osmótica, produciéndose el paso de disolvente (agua) desde la disolución más concentrada a la más diluida hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Usando esta técnica, se elimina la mayor parte del contenido en sales del agua.

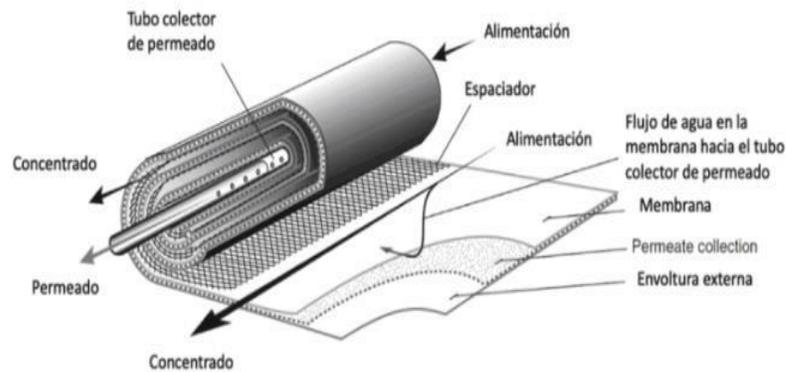


Fig.9 Elementos típicos de una membrana

Fuente: Inc, 2010

Sistema de Cloración

Se trata de mantener el agua depurada en un depósito final de distribución con un contenido adecuado de cloro libre para evitar la proliferación de microorganismos con el objetivo de hacerla apta para su reutilización. La cloración del agua residual es el sistema más sencillo y económico para un tratamiento terciario de reutilización de agua.

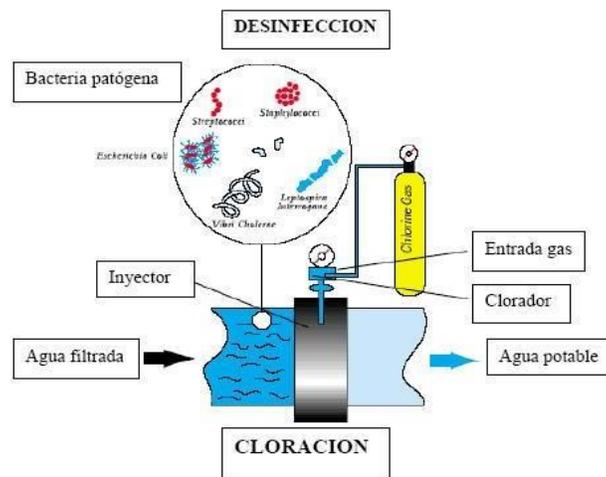


Fig.10 Sistema de cloración para aguas residuales

Fuente: Inc, 2010

Mediante ozonización

El ozono es un poderoso oxidante y desinfectante con una velocidad de esterilización superior a la de un tratamiento convencional de cloro aumentando su eficacia. Esto permite

tratamientos con ozono con tanques de contacto muy reducidos ya que únicamente son necesarios unos tres minutos de tiempo de contacto para asegurar la desinfección.

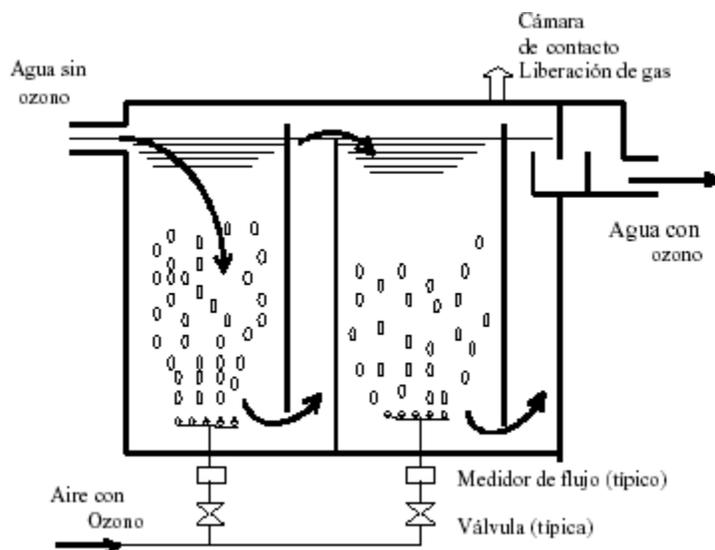


Fig.11 Cámara de contacto con deflectores

Fuente: Inc, 2010

Mediante Radiación Ultravioleta (luz ultravioleta):

En este caso la desinfección se realiza mediante un equipo UV que proporciona una desinfección inmediata y más efectiva que la cloración. Otra ventaja añadida es que no requiere de depósitos de contacto ya que la desinfección se realiza de forma instantánea mediante el paso de agua por el equipo de tratamiento ultravioleta lo que favorece este tipo de tratamiento terciario cuando no se disponga de espacio suficiente para un tratamiento con cloro o con ozono (Inc, 2010).

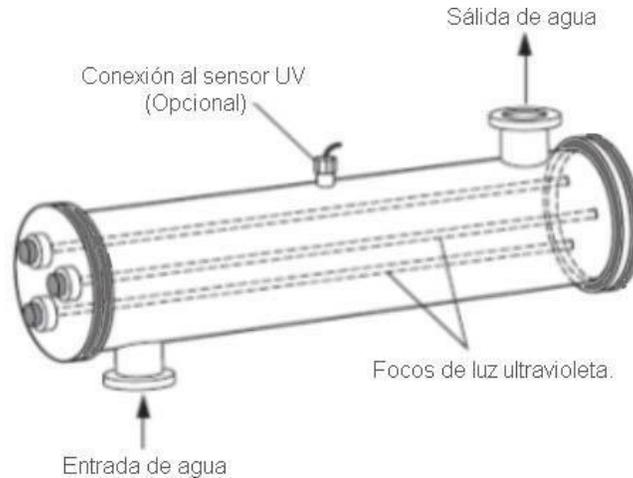


Fig.12 Configuración básica de sistema UV

Fuente: Inc, 2010

6.12 Manual de operación

Un manual de operaciones es un documento que nos da indicaciones de lo que debemos hacer y cómo debemos hacerlo; para la elaboración de este se deben seguir los siguientes cinco pasos adecuadamente.

De acuerdo a PyMe (2013), estos son los datos que debe contener un manual de operaciones:

- ✓ Todo manual debe contener la información básica, es decir: portada con identificación, nombre del procedimiento a describir y logotipo de la empresa.
- ✓ Debe tener un objetivo claro, ya que la secuencia de los procedimientos conllevan a una meta establecida.
- ✓ Se debe definir al o los responsables de cada tarea a realizar.
- ✓ Las actividades se deben describir claramente, es decir explicar de forma clara los procedimientos.
- ✓ Para llevar a cabo un seguimiento de las acciones, deben crearse formatos, documentos o sistemas, que detallen que acciones se realizaron y cuáles hicieron falta. Estos deben incluirse en el manual.
- ✓ Se pueden incluir diagramas de flujo que permitan conocer cuál es la secuencia de las actividades a lo largo del procedimiento.

El objetivo de un manual de operaciones es ser una guía para que al final de un período una auditoria de calidad se pueda determinar si los procedimientos se realizaron de la forma indicada (PyMe, 2013).

6.13 Tanque de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización.

Existen numerosos diseños de depósitos dependiendo de varios factores. Algunos son, el tipo y producto a almacenar, su temperatura, situación del tanque, suelo o material, pero todos tienen en común que cuentan de un fondo, un cuerpo y posibilidad de tener techo o no.

6.14 Tipos de tanque

Tanque atmosférico

Ha sido fabricado para operar a presiones desde la atmósfera hasta presiones de 1,0 psig (de 760 mm Hg hasta 812 mm Hg) medidos en el tope del tanque, los tanques atmosféricos no podrán ser utilizados para el almacenamiento de líquidos a temperaturas iguales o mayores a su punto de ebullición.



Fig.13 Tanque atmosférico

Fuente: González, 2018

Tanque atmosférico de techo fijo

Son los tanques que pueden tener techo autoportado o por columnas, la superficie del techo tiene la forma de un cono, el tanque opera con un espacio para los vapores, el cual cambia cuando varía el nivel de los líquidos.



Fig.14 Tanque atmosférico techo fijo

Fuente: González, 2018

Tanque atmosférico de techo flotante

Estos tanques reducen las pérdidas por llenado y vaciado, lo cual se logra eliminando o manteniendo constante el espacio destinado a vapores, arriba del nivel del líquido. En estos tanques el techo flota sobre el líquido eliminándose el espacio para los vapores.



Fig.15 Tanque atmosferico de techo flotante

Fuente: González, 2018

Tanque a Presión

Son utilizados para líquidos con presión de vapor mayor o igual a 0.914 kg/cm abs (13 psia) a nivel del mar, los principales tipos de tanques a presión son los recipientes cilíndricos y de esferas.

Recipientes cilíndricos

Se usan para almacenar cualquier gas licuado a su temperatura crítica y presión requerida, el montaje en posición horizontal se hace sobre dos o más apoyos y si es en posición vertical se hace sobre un fuste. Son considerados almacenamientos económicos.



Fig.16 Recipiente forma cilíndrica

Fuente: González, 2018

Recipientes de esferas

Un recipiente esférico esta forma por gruesas paredes de acero, con 6 o más soportes o columnas. Se consideran económicas porque tienen una capacidad de agua a partir de los 800 metros cúbicos, igual que los cilíndricos.



Fig.17 Recipiente forma esférica

Fuente: González, 2018

Tanques de baja presión

Este almacenamiento está diseñado para mantener una presión interna mayor a 0.035 kg/cm^2 , pero menor de 1.055 kg/cm^2 medidos en la parte superior del tanque. Estos tanques de baja presión deben construirse de acuerdo a normas de diseño reconocidas, pueden construirse con el API 620 (González,2018).



Fig.18 Tanque de almacenamiento de baja presión

Fuente: González, 2018

7. MATERIALES Y MÉTODOS

Realización de esquemas donde se pueda ubicar las partes que componen la planta. El desarrollo de actividades se efectuó principalmente visitando la planta de tratamiento de aguas residuales localizada en ejido arroyo de Piedra perteneciente al municipio de Tlapacoyan, Veracruz. La visita se realizó con la finalidad de conocer las partes que componen el proceso de tratamiento y con ello se pudo determinar lo siguiente:

Se plantea que el sistema descentralizado este compuesto por un sistema cerrado y enterrado, con un sencillo tren de cinco etapas, donde los principios de tratamiento serán procesos anaerobios y naturales.

- La primera etapa consiste en un pretratamiento para remover sólidos no biodegradables, o lentamente biodegradables, materia flotante y sólidos de gran tamaño que pudieran perjudicar las etapas posteriores, a largo plazo.
- La segunda etapa consiste en un reactor anaerobio que se encargará de bajar considerablemente la carga orgánica, sólidos y nutrientes particulados.
- La tercera etapa consiste en un mecanismo de filtración anaeróbica de flujo ascendente, donde se continua el abatimiento de carga orgánica, la cuarta etapa del sistema consiste en un reactor de oxidación aeróbica que permite oxigenar el efluente tratado, en éste se buscará filtrar el remanente de sólidos y remover un porcentaje de los nutrientes disueltos.
- La ultima etapa consiste en un tratamiento biocida para asegurara la eliminación de bacterias y partículas coliformes, mismo que requiere el ozono en gas para esta etapa de desinfección, este gas se produce en un generador eléctrico de uso continuo y se disuelven lentamente eliminando los agentes patógenos dañinos para la salud del hombre. Por consiguiente, el agua tratada puede reutilizarse en riego de áreas verdes, agua contra incendio, procesos industriales etc.

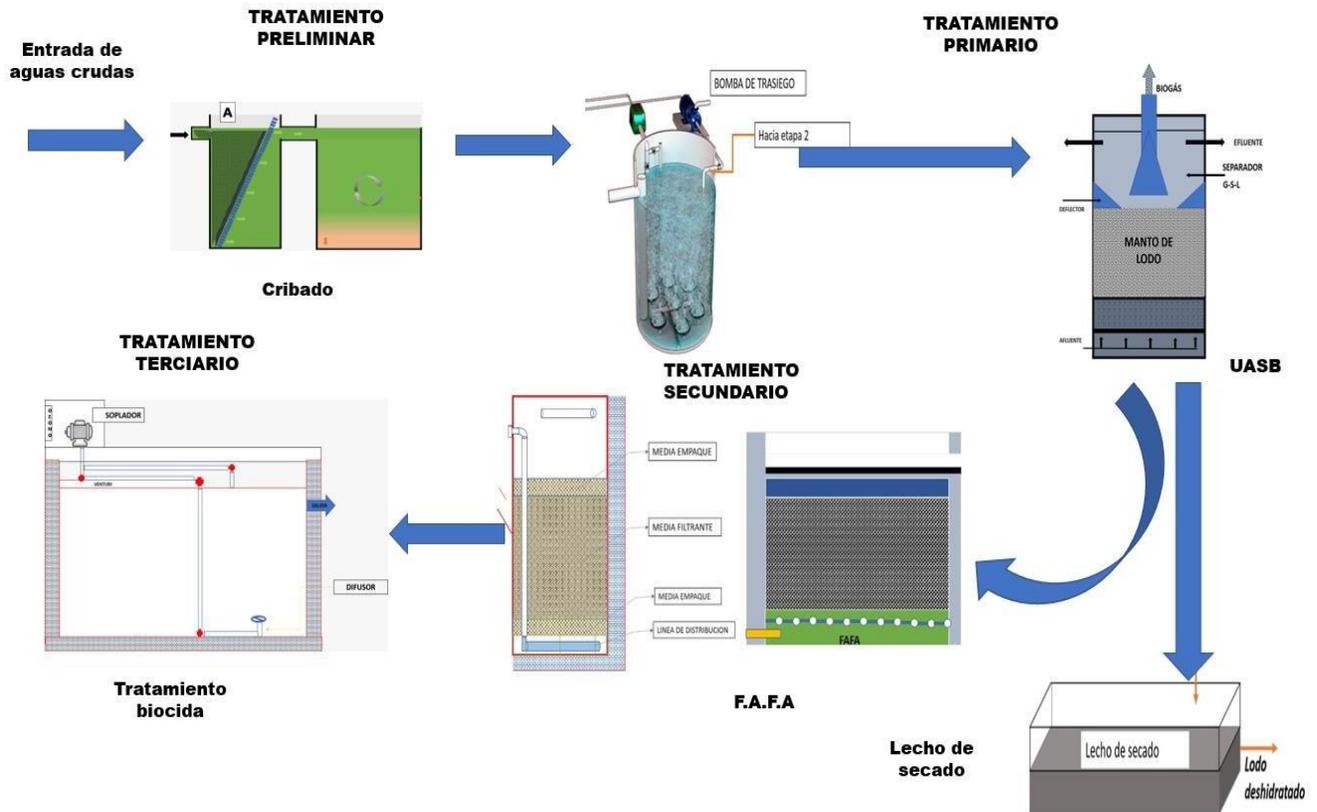


Fig 19. Esquema de la PTAR vivero la Cúspide

Fuente: Propia

6.1 Descripción de cada una de las partes de la planta de tratamiento y operación

Esta actividad se realizó con ayuda de una memoria técnica otorgada dentro de la empresa, y a su vez enriqueciendo con bibliografías y manuales de operación y mantenimiento que contaran con la información que era requerida. A continuación, se enlistan las consideraciones para que el sistema se desempeñe correctamente y su costo de mantenimiento y operación sea lo más bajo posible, considerando las características del proyecto urbano y arquitectónico de la instalación:

1. El Tanque de recepción de agua cruda funcionara a su vez como carcamo de amortiguamiento para otorgar de manera regulada el flujo de agua que recibe diariamente el sistema, y que descargará directamente a la etapa 1, dicho trasiego se realizara por bombeo controlado.

2. Las etapas 2, 3, 4 y 5 se efectúan en una misma estructura, es decir, en el mismo tanque prefabricado, pero dividido en compartimentos y comunicado mediante tuberías, orificios o compuertas, según se indique en los planos del diseño final.
3. El mantenimiento en la etapa 1 y 2 consiste en la extracción de lodo acumulado en el fondo y la remoción de material flotante, por lo que el diseño del tanque considera una tapa de aproximadamente 0.5 m de ancho y 0.6 m largo. Esta actividad deberá realizarse al año de iniciar operaciones. Sin embargo, se recomienda monitorear los compartimentos cada 6 meses.
4. El mantenimiento en la etapa 3 consiste únicamente en la reposición de material de empaque cada 18 meses, por lo que se consideran tapas estratégicamente colocadas, de aproximadamente 0.5 m* 0.6m.
5. Todo el proceso de las etapas 2, 3, 4 y 5 se efectúa por gravedad, por lo que es importante la correcta nivelación de las conexiones y elementos por los que fluye el agua.
6. El medio filtrante del filtro será a base de módulos BIODECK y aros de bambú, por su fácil adaptación al sistema. Las bacterias presentes en la Biomasa y alojadas en el módulo BIODECK se alimentan y reproducen transformando el agua contaminada en un líquido claro.

6.3 Diagrama de flujo de la operación de la planta



Fig. 20 Diagrama de flujo de la planta de tratamiento
Fuente: Propia

6.4 Diseñar un árbol de problemas

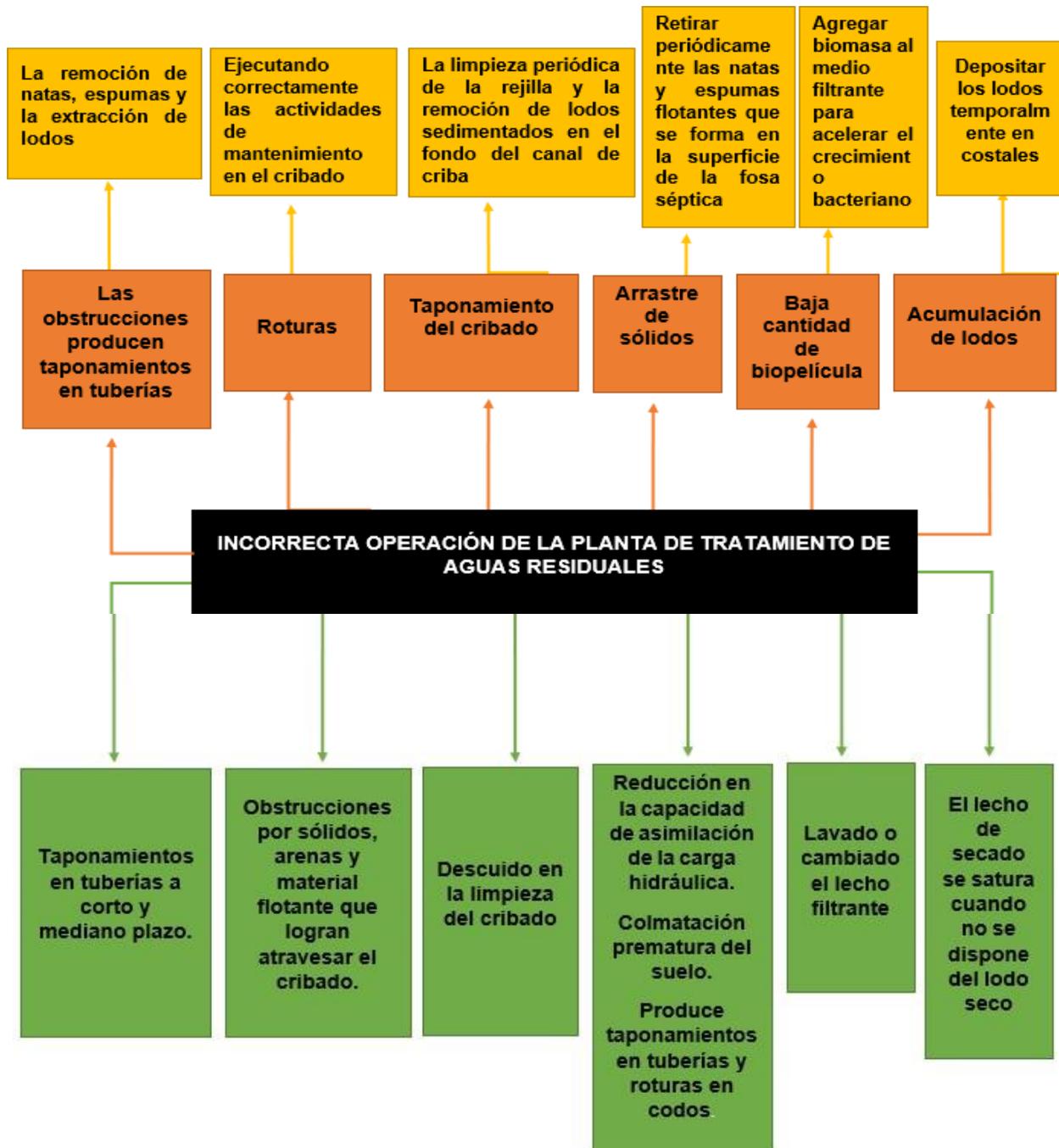


Fig.21 Árbol de problemas y soluciones de la PTAR
Fuente: Propia

6.5 Propuesta de tanque de almacenamiento para la PTAR vivero La Cuspide

Se calculó la potencia de la bomba para el trasiego de las pipas con agua residual a un tanque de almacenamiento que también se utilizará para enviar agua residual del tanque de almacenamiento a la PTAR.

Se propone tubería y accesorios de 1" en PVC

Sección 1 Ø de 1"

L= 5m

φ= 1" PVC hidraulico ced 40

De= 33.40 mm

e=3.40 mm

$$\frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \left(\frac{1 \text{ Di} = 30 \text{ mm}}{100 \text{ cm}} \right) = 0.03 \text{ m}$$

$$Q = 60 \frac{l}{\text{min}} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) = 0.001 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ecuación 1

$$A = \pi \frac{(Di)^2}{4}$$

DONDE:

L= Largo (m)

e= Espesor de pared (mm)

Di= Diametro interior (m)

De= Diametro exterior real (mm)

A= Área (m²)

h= Altura (m)

Sección 2 \varnothing 1 "

L= 4m

h= 3.5 m

NOTA: Al ser la misma tubería son los mismos cálculos.

Ecuación 2

$$Q = AV$$

DONDE:

Q= Caudal volumétrico ($m^3 s^{-1}$)

A= Área (m^2)

ρ = Densidad del agua ($kg m^{-3}$)

V= Velocidad del fluido ($m s^{-1}$)

$$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$Q = AV$$

Se despejó la velocidad del fluido

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

$$V = \frac{0.001 \frac{m^3}{s}}{7.0685 \times 10^{-4} m^2}$$

$$V = 1.41 \frac{m}{s}$$

Se calculó el caudal masico

Ecuación 3

$$\dot{m} = \rho AV$$

DONDE:

\dot{m} = Caudal masico ($kg s^{-1}$)

ρ = Densidad ($kg m^{-3}$)

A = Área (m^2)

V = Velocidad del fluido ($m s^{-1}$)

$$\dot{m} = \left(1000 \frac{kg}{m^3}\right) (7.0685 \times 10^{-4} m^2) \left(1.41 \frac{m}{s}\right)$$

$$\dot{m} = 0.9966 \frac{kg}{s}$$

Como siguiente paso se calcularon los valores de la constante de resistencia respectivamente para la sección 1 y 2.

Tabla. 5 Constante de resistencia para la sección 1

Valores de K para sección 1	FT= 0.013 \emptyset 1"
K=0.5 Entrada	K=0.5
K=8 Ft Válvula de compuerta	K=2[8(0.013)] = 0.208
K= 20 Ft T flujo directo	K=3[20(0.013)] = 0.78
K= 100 Ft Válvula check	K=100(0.013) = 1.3
K= $F\left(\frac{L}{D}\right)$ Tuberia	K= 0.013 $\left(\frac{5m}{0.03m}\right) = 2.16$
K= 1.0 Salida	K=1.0 $\frac{1}{k=5.948}$

Fuente: (Crane, 1992)

Tabla. 6 Constante de resistencia para la sección 2

Valores de K para sección 2	FT=0.013 \emptyset 1"
K= 0.5 Entrada	K= 0.5
K=8 Ft Valvula de compuerta	K=2[8(0.013)] = 0.208
K= 20 Ft T flujo directo	K=3[20(0.013)] = 0.78
K=100 Ft Valvula check	K=100(0.013) = 1.3
K= $F\left(\frac{L}{D}\right)$ Tuberia	K= 0.013 $\left(\frac{4m}{0.03m}\right) = 1.73$
K= 30 Ft Codo 90°	K=30 (0.013)=0.39
K= 1.0 Salida	K=1.0 $\frac{1}{k=5.908}$

Fuente: (Crane, 1992)

Se calculó la pérdida de carga por accesorios para la sección 1

Ecuación 4

$$\Delta\rho_{acc_1} = \frac{0.0025k\rho Q}{Di^4}$$

DONDE:

$Q_1 =$ Caudal volumétrico ($L \text{ min}^{-1}$)

0.0025= Constante

$\rho =$ Densidad ($kg \text{ m}^{-3}$)

$Di =$ Diametro interior (mm)

$K =$ Constante de resistencia

$$Q_1 = \frac{60L}{min}$$

$$\Delta\rho_{acc_1} = 0.0025 \frac{(5.948)(1000 \frac{kg}{m^3}) (\frac{L}{min})^2}{(30 \text{ mm})^4} = \frac{53532}{810000}$$

$$\Delta\rho_{acc_1} = 0.066 \text{ Pa}$$

Se calculó la pérdida de carga por accesorios para la sección 2

$$\Delta\rho_{acc_2} = 0.0025 \frac{(5.908)(1000 \frac{kg}{m^3}) (\frac{L}{min})^2}{(30 \text{ mm})^4} = \frac{53172}{810000}$$

$$\Delta\rho_{acc_2} = 0.065 \text{ Pa}$$

Se calculó la caída de presión en la tubería sección 1

Ecuación 5

$$\Delta P p_1 = 8 \frac{\rho \mu L}{\pi r^4}$$

DONDE:

$\mu =$ Viscosidad del agua ($kg \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$)

$\pi = 3.1416$

$Q =$ Caudal ($m^3 \text{ s}^{-1}$)

$r =$ Radio (m)

$L =$ Largo (m)

$$Q = 0.001 \frac{m^3}{s}$$

$$\mu = 9 \times 10^{-4} \frac{kg}{m \cdot s}$$

$$r = 0.03m / 2 = 0.015 m$$

$$L = 5m$$

$$\Delta P p_1 = 8 \frac{(0.001 \frac{m^3}{s})(9 \times 10^{-4} \frac{kg}{m \cdot s})(5 m)}{\pi(0.015 m)^4} = \frac{3.6 \times 10^{-5}}{1.5904 \times 10^{-7}}$$

$$\Delta P p_1 = 226.35 Pa$$

Se calculó la caída de presión en la tubería sección

$$Q = 0.001 \frac{m^3}{s}$$

$$\mu = 9 \times 10^{-4} \frac{kg}{m \cdot s}$$

$$r = 0.03m / 2 = 0.015 m$$

$$L = 4m$$

$$\Delta P p_2 = 8 \frac{Q \mu L}{\pi r^4}$$

$$\Delta P p_2 = 8 \frac{(0.001 \frac{m^3}{s})(9 \times 10^{-4} \frac{kg}{m \cdot s})(4 m)}{\pi(0.015 m)^4} = \frac{2.88 \times 10^{-5}}{1.5984 \times 10^{-7}}$$

$$\Delta P p_2 = 181.08 Pa$$

Se calculó la caída de presión debida a la altura de la sección 1

NOTA: Esta no aplica ya que la tubería no va hacia arriba.

Se calculó la caída de presión a la altura de la sección 2

$$h = 3.5 m$$

Ecuación 6

$$\Delta P h = \rho g h$$

DONDE:

g = Gravedad ($m s^{-2}$)

ρ = Densidad ($kg m^{-3}$)

h = Altura (m)

$$\Delta P h_2 = (1000 \frac{kg}{m^3}) (9.8 \frac{m}{s^2}) (3.5 m) = 34300 Pa$$

Se calculó la suma de caídas de presión

Ecuación 7

$$\Delta P_T = \text{Suma de caidas de presión (Pa)}$$

$$\Delta P_T = 0.066 Pa + 0.065 + 226.35 Pa + 181.08 Pa + 34300 Pa$$

$$\Delta P_T = 34707.56 Pa$$

Se calculó la potencia de la bomba

Ecuación 8

$$Pot = \Delta P_T Q$$

DONDE:

$$\Delta P_T = \text{Suma de caidas de presión (Pa)}$$

$$Q = \text{Caudal volumétrico (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)}$$

$$Pot = 34707.56 Pa (0.001 \frac{m^3}{s}) = 34.7075 w$$

$$Pot = 34.7075 w$$

$$34.7075 w \left(\frac{1 hp}{745.7 w} \right) = 0.046 hp$$

Se sugiere utilizar una bomba con capacidad de 1/2 hp

De acuerdo al calculo establecido se propone un tanque de almacenamiento de Rotoplas con una capacidad de 22000 L con las siguientes características :

- Fabricados con polietileno de alta densidad de grado alimenticio, 100% virgen, de una sola pieza.
- Fácil instalación de conexiones.
- No generan color, olor ni sabor al producto almacenado.

- No se oxidan ni se corroen.
- No requieren mantenimiento.
- Tanques reforzados y doble reforzados dependiendo el químico a almacenar.
- Hechos de una sola pieza, en colores blanco y negro, los tanques de almacenamiento Rotoplas no permiten filtraciones al ser de la más alta calidad, por lo que no requieren de mantenimiento técnico.
- Están fabricados con materia prima 100% virgen con un reforzamiento y doble reforzamiento. Esto les permite almacenar sin ningún problema sustancias altamente corrosivas y densas (Rotoplas,2020).

Especificaciones técnicas

- Material: polietileno de alta densidad.
- Color: blanco y negro.
- Tapa : 18”.
- Estándar o de acuerdo a necesidades del cliente.
- Tanque de acuerdo a densidad almacenada:
 - Estándar 1.00 - 1.20 kg / cm³
 - Reforzado 1.21 - 1.50 kg / cm³
 - Doble reforzado 1.51 - 1.90 kg / cm³



Fig.22 Rotoplas capacidad de 22000 L
Fuente: Rotoplas, 2020

Tabla. 7 Material PVC para arreglo en tanque de almacenamiento

Material	Imagen	Precio
Tubería 1" PVC hidráulico		\$27.00 por metro

<p>Válvula de bola hidráulico 1"</p>		<p>\$122.00</p>
<p>Codo 90° hidráulico 1"</p>		<p>\$90.00</p>
<p>Valvula check 1"</p>		<p>\$450.00</p>

<p>“T” Hidráulico 1”</p>		<p>\$93.00</p>
<p>Bomba de agua ½ hp siemens</p>		<p>\$1375.00</p>

Fuente: Propia

Se cotizó el precio aproximado para la mano de obra y material requerido para la base del tanque de almacenamiento:

Tabla.8 Material requerido para base del Rotoplas

Material	Precio
Cemento	\$180.00 c/u
Grava	\$200
Varilla	\$75
Bloc	\$5.00 c/u
Mano de obra	\$500.00

7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presentación del manual

El presente manual tiene como finalidad brindar las herramientas y conocimientos necesarios para gestionar correctamente el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de cinco etapas modalidad R.A.F.A y de esta manera garantizar un efluente que cumpla con los lineamientos indicados para norma ambiental vigente, además de proteger la vida útil de la infraestructura de la planta.

Objetivos

1. Dar las herramientas teóricas y prácticas para la correcta operación del proceso de tratamiento, instalaciones y equipos que los constituyen.
2. Disponer de información ordenada y sistemática referente a la planta, sus estructuras y procesos.

Alcance

Este manual aplica desde el ingreso de agua residual cruda a la planta de tratamiento hasta la descarga del efluente tratado a una cisterna de agua tratada.

Posteriormente el agua tratada será responsabilidad del cliente darle su correcto uso, sugiriéndose infiltración o riego de áreas verdes.

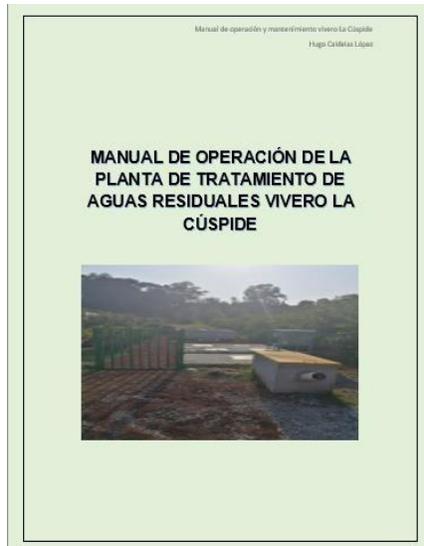


Fig. 23 Manual de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales vivero La cúspide

7.2 Descripción de la planta de tratamiento de agua residual

Área total del terreno designado para el proceso de tratamiento 236 m². La planta se distribuye en un área aproximada a 32.5 m² contemplando el cárcamo de amortiguamiento.

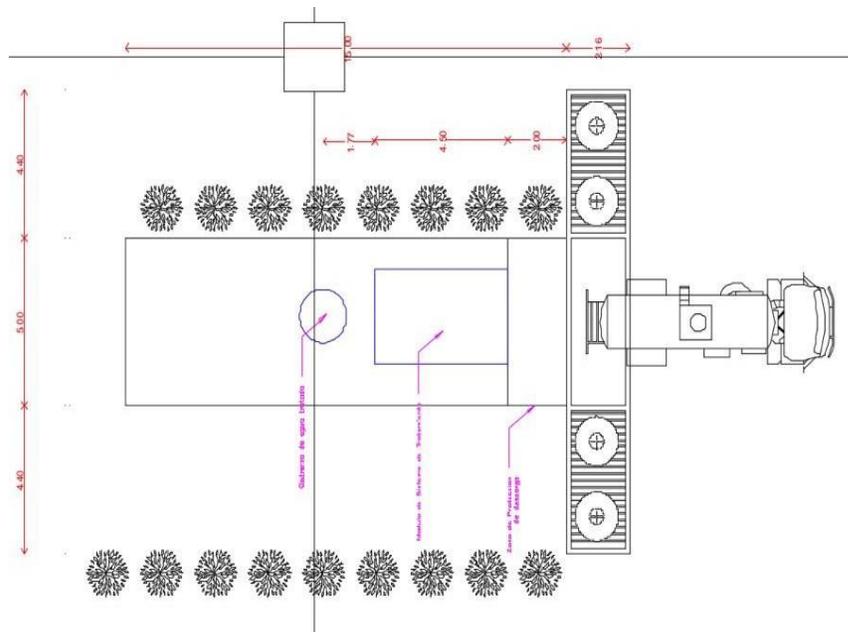


Fig 24. Localización de la PTAR.

Fuente: Propia

Etapa 1. Pretratamiento

El agua residual procedente generada por módulos de baños móviles de perteneciente a el vivero la Cúspide, convergen en un cárcamo de amortiguamiento (tanque de recepción de agua cruda) subterráneo de una capacidad de 8.27m³



Fig 25. Cribado
Fuente: Propia

Operación

Para el inicio de operación de la PTAR, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que la rejilla no se encuentre saturada de material grueso, si fuera el caso realizar la limpieza de la rejilla.
2. El operador en turno deberá estar pendiente de las descargas que se presente en función de los colores del agua de entrada para planificar limpiezas oportunas o cierres en el tratamiento de la planta.
3. Se deberá limpiar los sólidos que se encuentren en el cribado por lo menos una vez por hora.
4. Se deberá colocar los sólidos retenidos en un lugar que cuente con una pendiente para que se produzca el escurrimiento, secado y posterior disposición hacia la basura común.

Mantenimiento

1. El operador de turno deberá realizar la limpieza constante del cribado.
2. Limpie con la ayuda de un rastrillo, el material retenido.
3. Coloque el material recogido sobre la plataforma de la reja con el fin de que se escurra.
4. Vierta el material recogido a un cilindro con pequeños agujeros en la base para que el agua termine de escurrir y drenar.
5. El operador de turno deberá realizar la limpieza constante del cribado.

Etapa 5. Tratamiento biocida

Esta ultima etapa consiste en un tratamiento biocida para este asegurar la eliminación de bacterias y partículas coliformes, mismo que requiere el ozono en gas, este gas se produce en un generador eléctrico de uso continuo, cuenta con una salida conectada a un Venturi para adaptarlo a la tubería que proviene del soplador para transportarlo al difusor de inyección de aire.



Fig 26. Cisterna de agua tratada

Fuente: Propia

NOTA: Una vez que comienza la operación del sistema de tratamiento, los módulos del 2 al 5 no tienen que ser operados manualmente para el trasiego de cada etapa, ya que funcionan por gravedad sus entradas y salidas.

Operación

1. La generación de ozono utiliza una cantidad significativa de energía eléctrica. Por esto se debe dar una atención constante al sistema para asegurar que el uso de la energía es optimizado para un rendimiento controlado de la desinfección.
2. El operador debe monitorear regularmente las subunidades apropiadas para asegurar que no estén recalentadas.
3. El operador debe verificar rutinariamente que no existan escapes puesto que una fuga muy pequeña puede causar concentraciones inaceptables de ozono en el ambiente.
4. Es importante que las tuberías del generador de ozono, de distribución, de contacto, del gas de escape y de entrada a la unidad de destrucción de ozono sean purgadas antes de abrir los diversos sistemas o subsistemas.
5. Los operadores deben tener todo el equipo de seguridad industrial disponible para su utilización en caso de que suceda una emergencia.

Diseño del tanque de almacenamiento

Se dispuso de dos secciones para el diseño e instalación del tanque de almacenamiento correspondiente a la Planta de tratamiento de aguas residuales vivero La Cúspide, en donde la primera sección cuenta con 5 m de largo y la segunda sección tiene las siguientes medidas 4 m de largo y una altura de 3.5 m como se muestra en la figura 27.

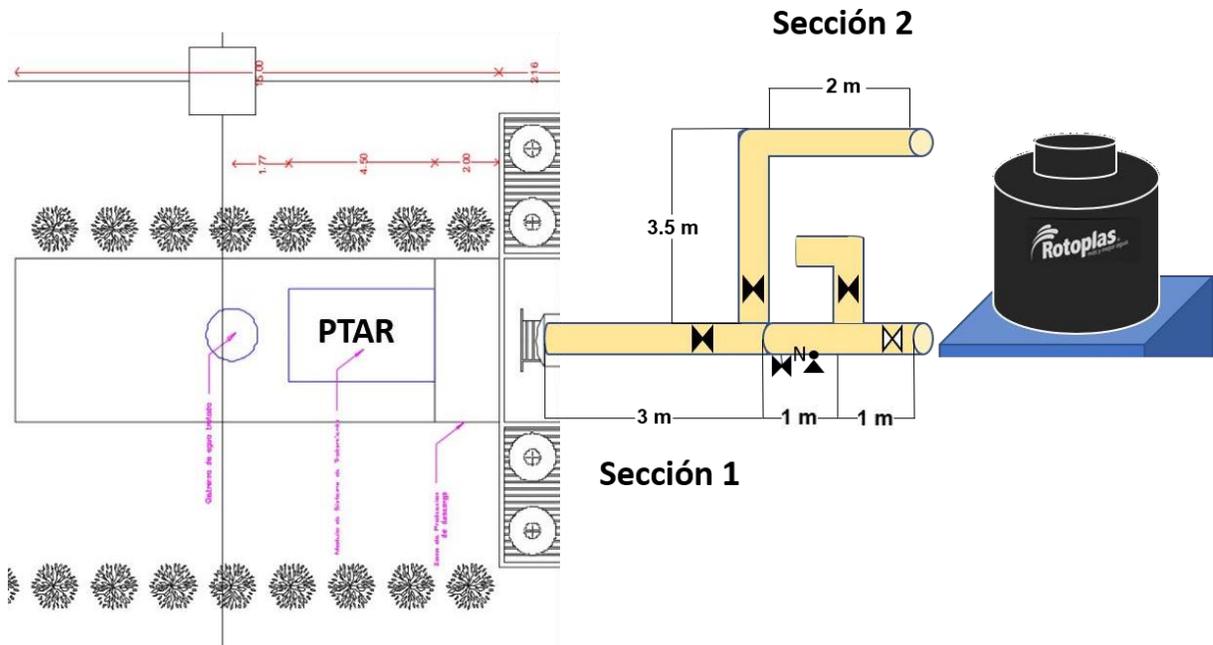
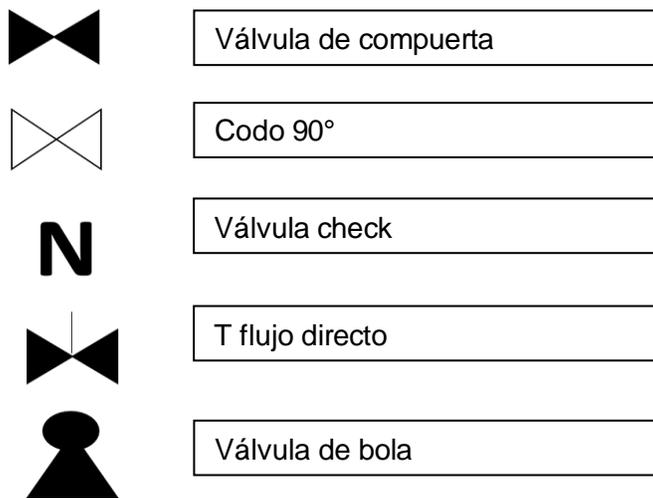


Figura 27. Diseño del tanque de almacenamiento

Fuente: Propia



8. CONCLUSIÓN

1. El sistema de tratamiento para la depuración de aguas residuales es frecuentemente empleado para poblaciones pequeñas o rurales por sus altos porcentajes de remoción teórico en cada uno de las unidades que lo conforman como: cribado y filtro anaerobio de flujo ascendente.
2. La funcionalidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales, están basadas en Manuales de Operación y Mantenimiento, donde se identifiquen las unidades y sus procesos, en conclusión, el manual es la herramienta principal del personal encargado de la PTAR porque describe las actividades a ejecutar.
3. La correcta ejecución de las actividades de mantenimiento ayudan a optimizar y mejorar la eficiencia de los procesos, ya que se evitan problemas como arrastre de solidos y su acomulación genera obstrucciones,taponamientos y roturas.
4. La utilización obligatoria y permanente de los Equipos de Protección Personal (EPP), en la ejecución de las actividades de operación y mantenimiento, son indispensables ya que al estar en contacto con el agua residual nos protegen de enfermedades y accidentes.
5. Las medidas de prevención de accidentes ayudan a eludir lesiones o enfermedades ocupacionales, en la ejecución de las actividades de O&M, en el caso de los procesos anaerobios (R.A.F.A. y F.A.F.A.), se producen emanaciones de gases tóxicos por lo que el uso de gafas de seguridad, mascarillas,son obligatorios para la protección respiratoria del personal involucrado.

9. RECOMENDACIONES

- 1.** En el R.A.F.A se percató la emanación de olores por lo que se recomienda verificar y monitorear mensualmente su estado en relación a su acidificación.
- 2.** El F.A.F.A periódicamente debe recibir revisiones en busca de fisuras en las estructuras, ya que la formación de biomasa produce la generación de gases tóxicos que pueden debilitarlas paulatinamente.
- 3.** El lecho de secado se encuentra a la intemperie por lo que se recomienda colocar un techo.
- 4.** El Manual de Operación y Mantenimiento debe someterse periódicamente a revisiones con el fin de actualizarlo a las necesidades, ampliaciones o cambios existentes en cada unidad de la PTAR.
- 5.** Se recomienda llevar a cabo análisis de parámetros de control y operación de la planta ya que sirven de indicadores para futuras evaluaciones de los procesos unitarios de la misma.
- 6.** Se recomienda buscar alternativas de reutilización del lodo deshidratado extraído del proceso de depuración para usarlo como mejorador de suelo.
- 7.** Los operadores y el personal de mantenimiento deben verificar el estado de los equipos de protección personal antes de usarlos.
- 8.** Es indispensable colocar señalética de emergencias, prevención de accidentes, uso de equipos de protección personal y rutas de salida de emergencia.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arriaza, V. (1999). Diseño, presupuesto y manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del municipio de Villa Nueva. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos Guatemala.
2. Aznar, A. (2000). DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS. Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”., 2, 2-19. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingeniería-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
3. Bermeo, M. (2016). Tratamiento de aguas residuales: Técnicas convencionales. Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 2020
4. Comisión Nacional del Agua, L. F. (2015). Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/LeyFederaldeDerechos.p>
5. CONAGUA. Estadísticas del Agua en México. Edición 2004. CNA. México. 2004. Semarnat. Programa Anual de Trabajo 2005. Prioridades y metas. Sector Medio Ambiente y Recursos Naturales. Semarnat. México. 2005.
6. CONAGUA (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
7. CONAGUA. (s.f.). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos. México. Recuperado el 2020
8. CONAGUA. (2011). Recuperado el marzo de 2021, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap6_agua.pdf
9. CONAGUA. (octubre de 2019). Recuperado el 2021, de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/agua-en-el-mundo>
10. Díaz-Cuenca, Elizabeth, & Alavarado-Granados, Alejandro Rafael, & Camacho-Calzada, Karina Elizabeth (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 14(1),78-97.[fecha de Consulta 24 de Mayo de 2021]. ISSN: 1405-

8626. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894005>

11. ESPIGARES GARCÍA, M. y PÉREZ LÓPEZ, JA. (1985) Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada.
12. Gonzalez, C. R. (2014). Estudio de patentes sobre tecnologías para tratamiento de agua y el agua residual. *ransinformação*, 26 (3), 339-347. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/0103-37862014000300010>
13. González, D. (2018). Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid
14. Inc, B. (2010). Recuperado el Abril de 2021, de https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf
26. Flujo de Fluidos. Crane. Editorial: Mc Graw-Hil, México, 1992
15. Ministerio del agua viceministerio de servicios básicos. (2007). Manual de operacion y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales en poblaciones rurales.
16. Muñoz, A. (2008). Caracterización y tratamiento de aguas residuales. (Tesis). Universidad autónoma del estado de Hidalgo. Recuperado el 2020.
17. PyMe, empresarios. (2013). Como hacer un manual de operaciones. (En línea). Consultado el 15 de mayo 2021. Disponible en: <http://www.pymempresario.com/2013/07/5-pasos-para-hacer-un-manual-de-procedimientos/>
18. Rotoplas (2020). Recuperado el 2021 , de <https://rotoplas.com.mx/productos/almacenamiento-especializado/tanque-de-almacenamiento/>
19. Sanabria, D. (2006). CONDUCTIVIDAD ELECTRICA POR EL MÉTODO ELECTROMETRICO EN AGUAS. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia. Recuperado el 2020
20. Silva, Jorge y Torres, Patricia y Madera, Carlos (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26 (2), 347-359. [Fecha de Consulta 12 de Diciembre de 2020]. ISSN: 0120-9965. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1803/180314732020>
21. Vaca, H. &. (2016). Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, centro poblado NONO ubicado en la zona procedente de la ciudad de quito parroquia NONO. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica nacional.
22. Valledupar, C. (2012). *MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL*

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

23. Vargas, L. (s.f.). Recuperado el 2020, de http://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual1/tomo1/ma1_tomo1_cap3.pdf
24. Velasco, J. (2017). *Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales Ubillus*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
25. Villatoro, A. (2016). *Evaluación del sistema de tratamiento de agua residual de tipo especial de la industria alimenticia San Antonio S.A, Champerico, Retalhuleu*. (Tesis de grado) Universidad de San Carlos Guatemala.

10. ANEXOS

MANUAL DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES VIVERO LA CÚSPIDE



GLOSARIO

Cribar: Limpiar una cosa de impurezas y partículas.

Sólido: Cuerpo que, a diferencia de los líquidos y los gases, presenta forma propia y opone resistencia a ser dividido.

Trasiego: Cambio de una cosa de un lugar a otro, especialmente un líquido de un recipiente a otro.

Efluente: Líquido que procede de una planta industrial.

Desnitrificación: Eliminación de nitratos

Vector: Maquinaria de limpieza que garantiza un alcantarillado limpio, libre de elementos y residuos que puedan convertirse en la causa de una obstrucción.

Biomasa: Materia orgánica que se genera a través de un proceso biológico.

Materia orgánica: Residuos o sustancias de seres que estuvieron vivos, que aportan nutrientes aprovechables.

Afluente: Arroyo o río secundario que desemboca en otro principal.

Venturi: Dispositivo inicialmente diseñado para medir la velocidad de un fluido

Biocida: Que se emplea para matar organismos vivos o para detener su desarrollo.

Tratamiento anaeróbico: Es el proceso mediante el cual los organismos catabolizan y asimilan sus alimentos en ausencia de oxígeno, e implícitamente de aire.”

Procesos aerobios: Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en presencia de oxígeno. Aquellas bacterias que pueden sobrevivir únicamente en presencia de oxígeno disuelto se conocen como aerobias obligadas (restringidas a una condición específica de vida).

Procesos anaerobios: Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en ausencia de oxígeno. Las bacterias que pueden sobrevivir solamente en ausencia de oxígeno disuelto se conocen como anaerobias obligadas.

Escarificar: Remover la tierra

Lodo primario: Se refiere a los lodos que son depositados después del paso por las cribas.

Lodo secundario: Provenientes del filtro anaerobio del flujo ascendente

PRESENTACION DEL MANUAL

El presente manual tiene como finalidad brindar las herramientas y conocimientos necesarios para gestionar correctamente el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de 5 etapas modalidad R.A.F.A y de esta manera garantizar un efluente que cumpla con los lineamientos indicados para norma ambiental vigente, además de proteger la vida útil de la infraestructura de la planta.

OBJETIVOS

3. Dar las herramientas teóricas y prácticas para la correcta operación del proceso de tratamiento, instalaciones y equipos que los constituyen.
4. Disponer de información ordenada y sistemática referente a la planta, sus estructuras y procesos.

ALCANCE

Este manual aplica desde el ingreso de agua residual cruda a la planta de tratamiento hasta la descarga del efluente tratado a una cisterna de agua tratada.

Posteriormente el agua tratada será responsabilidad del cliente darle su correcto uso, sugiriéndose infiltración o riego de áreas verdes.

DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Área total del terreno designado para el proceso de tratamiento 236 m². La planta se distribuye en un área aproximada a 32.5 m² contemplando el cárcamo de amortiguamiento.

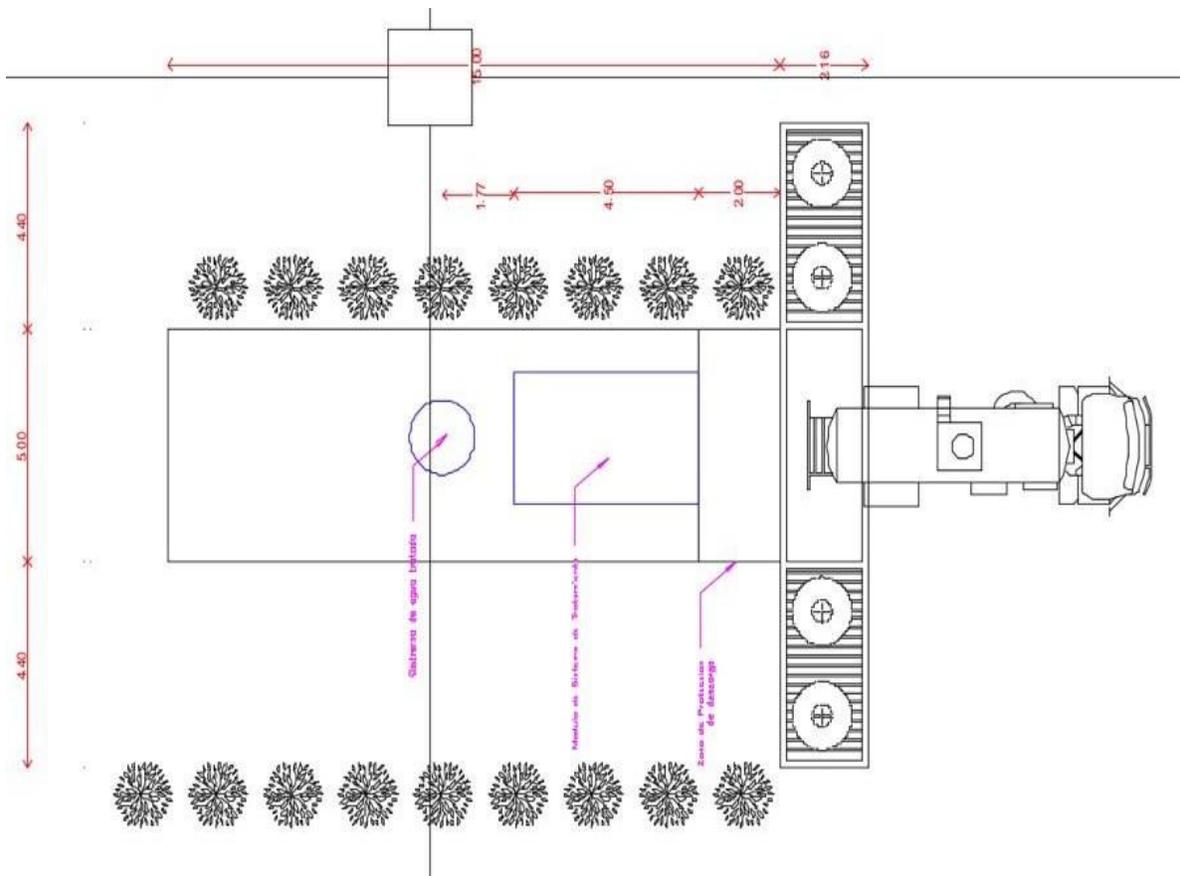


Figura 28. Localización de la planta de tratamiento de aguas residuales

ETAPAS DEL TRATAMIENTO

La planta está conformada por las siguientes etapas de tratamiento:

ETAPA 1: Pretratamiento

Remover sólidos no biodegradables, o lentamente biodegradables, materia flotante y sólidos de gran tamaño.

ETAPA 2: Reactor de oxidación aeróbica

Filtrar el remanente de sólidos y remover un porcentaje de los nutrientes disueltos.

ETAPA 3: Reactor anaerobio

Se encarga de bajar considerablemente la carga orgánica, sólidos y nutrientes particulados.

ETAPA 4: Filtración anaeróbica de flujo ascendente

Continúa el abatimiento de carga orgánica

ETAPA 5: Tratamiento biocida

Eliminación de bacterias y partículas coliformes

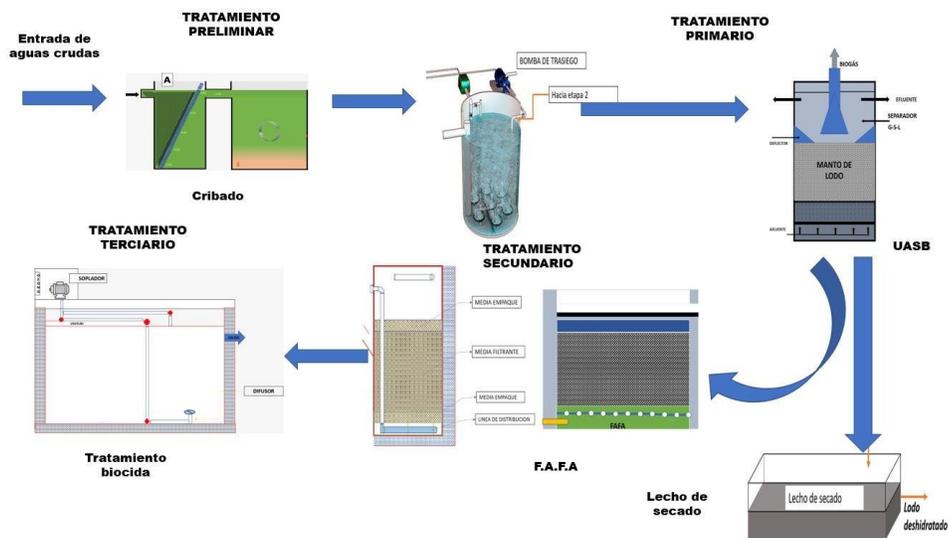


Fig.29 Esquema de la PTAR vivero la Cúspide

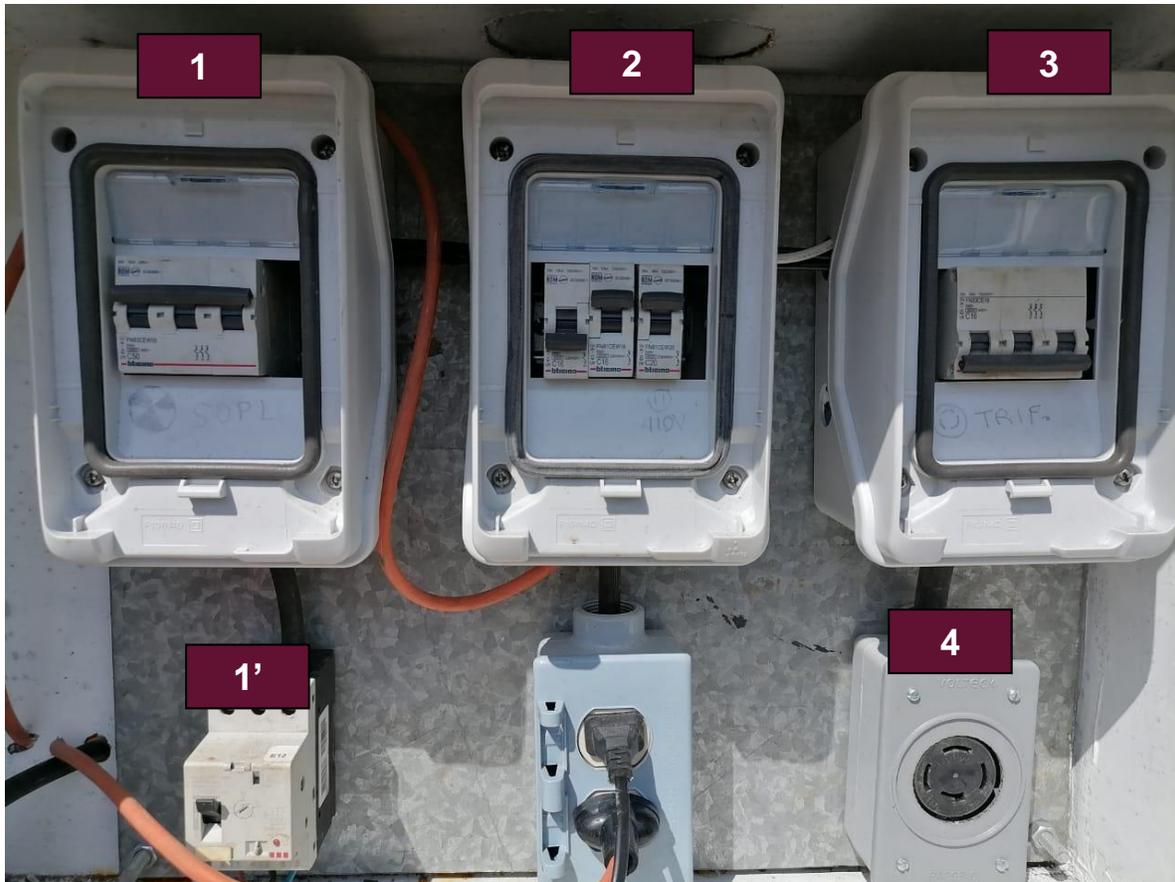


Fig. 30 Sistema de control de la PTAR

Centro de carga 1: Encendido de soplador

Centro de carga 1': Protección del encendido del soplador

Centro de carga 2: Pasilla para encender el reactor de ozono

Centro de carga 3: Se utilizará para conectar la bomba de extracción de lodos del cárcamo de recepción.

ETAPA 1 PRETRATAMIENTO

El agua residual procedente generada por módulos de baños móviles de perteneciente a el vivero la Cúspide, convergen en un cárcamo de amortiguamiento (tanque de recepción de agua cruda) subterráneo de una capacidad de 8.27m^3

Los sistemas primarios son los más sencillos en la limpieza del agua y “tienen la función de preparar el agua, limpiándola de todas aquellas partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes.” En este caso el agua cruda es previamente cribada, para retener los sólidos biodegradables como; toallas sanitarias, condones, etc.

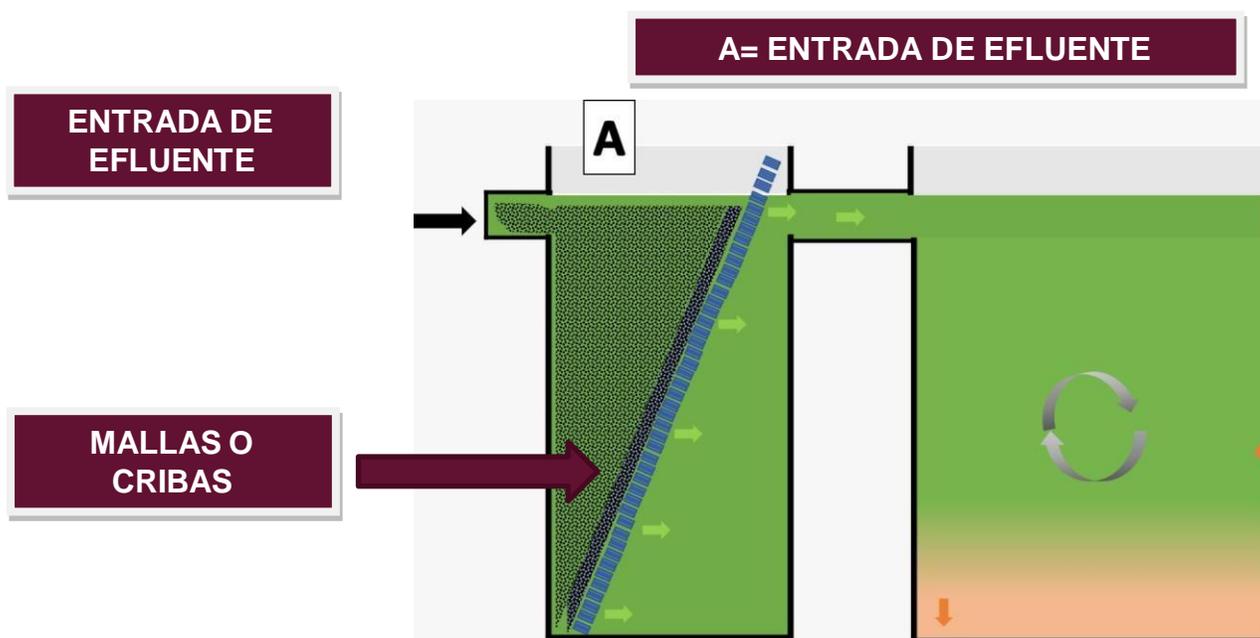


Fig. 31. Cribado

Mallas o cribas

Estas mallas, también llamadas cribas son diseñadas de un material anticorrosivo para evitar el desgaste con la fricción del paso de agua. Las cribas se fabrican dejando una abertura entre sus barras dependiendo del propósito que se busque, en el caso específico de mi

proyecto las mallas evitarán el paso de desechos tales como; toallas sanitarias, condones, etc. Provenientes de los baños móviles por lo que tendrán una separación de 5 cm. La localización de las cribas debe de ser en un depósito que tenga su base a mayor profundidad de la parte inferior de la tubería, con una pequeña inclinación, con el objetivo de que disminuya la presión del agua y se tenga mayor superficie de contacto con la rejilla.



Fig. 32 Malla o criba

Operación

Para el inicio de operación de la PTAR, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que la rejilla no se encuentre saturada de material grueso, si fuera el caso realizar la limpieza de la rejilla.
2. El operador en turno deberá estar pendiente de las descargas que se presente en función de los colores del agua de entrada para planificar limpiezas oportunas o cierres en el tratamiento de la planta.
3. Se deberá limpiar los sólidos que se encuentren en el cribado por lo menos una vez por hora.
4. Se deberá colocar los sólidos retenidos en un lugar que cuente con una pendiente para que se produzca el escurrimiento, secado y posterior disposición hacia la basura común.

Mantenimiento

1. El operador de turno deberá realizar la limpieza constante del cribado.
2. Limpie con la ayuda de un rastrillo, el material retenido.
3. Coloque el material recogido sobre la plataforma de la reja con el fin de que se escurra.
4. Vierta el material recogido a un cilindro con pequeños agujeros en la base para que el agua termine de escurrir y drenar.
5. El operador de turno deberá realizar la limpieza constante del cribado.

Desarenador

El desarenador se ubica inmediatamente aguas abajo de las rejillas de cribado y permite retener los sólidos suspendidos de menor tamaño factibles de decantar, como, por ejemplo: material fino, arena u otro elemento inerte no retenido en la cámara de rejillas. Estos son indispensables para evitar la acumulación de arena y demás material inerte en los estanques de las demás unidades de tratamiento. La eficiencia del desarenador determina la frecuencia de una vaciada completa y tediosa del sistema y de su adecuada operación depende la calidad y el factor de crecimiento del lodo.

Operación

1. Los lodos primarios se extraerán de forma manual, con ayuda de una pala para posteriormente ser depositados en el lecho de secado.

Mantenimiento

1. La limpieza se hará en forma manual, para lo cual el operador deberá contar con los elementos adecuados (pala, carretilla para transportar los sedimentos, guantes, etc.).
2. El mantenimiento que se le debe realizar al desarenador consiste en remover todas las arenas y demás material que se deposita en el fondo de cada módulo; por tanto, el operador debe verificar diariamente el nivel de sedimentos en el desarenador.

El tanque de agua cruda funciona a su vez como cárcamo de amortiguamiento para otorgar de manera regulada el flujo de agua que recibe diariamente el sistema, y que se encargará directamente de la etapa 2, dicho trasiego se realizará por bombeo controlado. El tanque está diseñado para 2 días de carga útil de 2500 Lpd (Litros por día)

La bomba cuenta con un electro nivel para cuando haga contacto con el agua empieza el trasiego a la etapa 2, y a su vez estará programada en caso de que el nivel del efluente sea bajo la bomba se apague.

NOTA: Las etapas posteriores a la 1 se efectúan en una misma estructura, es decir, en el mismo tanque prefabricado subterráneo, pero dividido en compartimientos y comunicado mediante tuberías, orificios o compuertas.

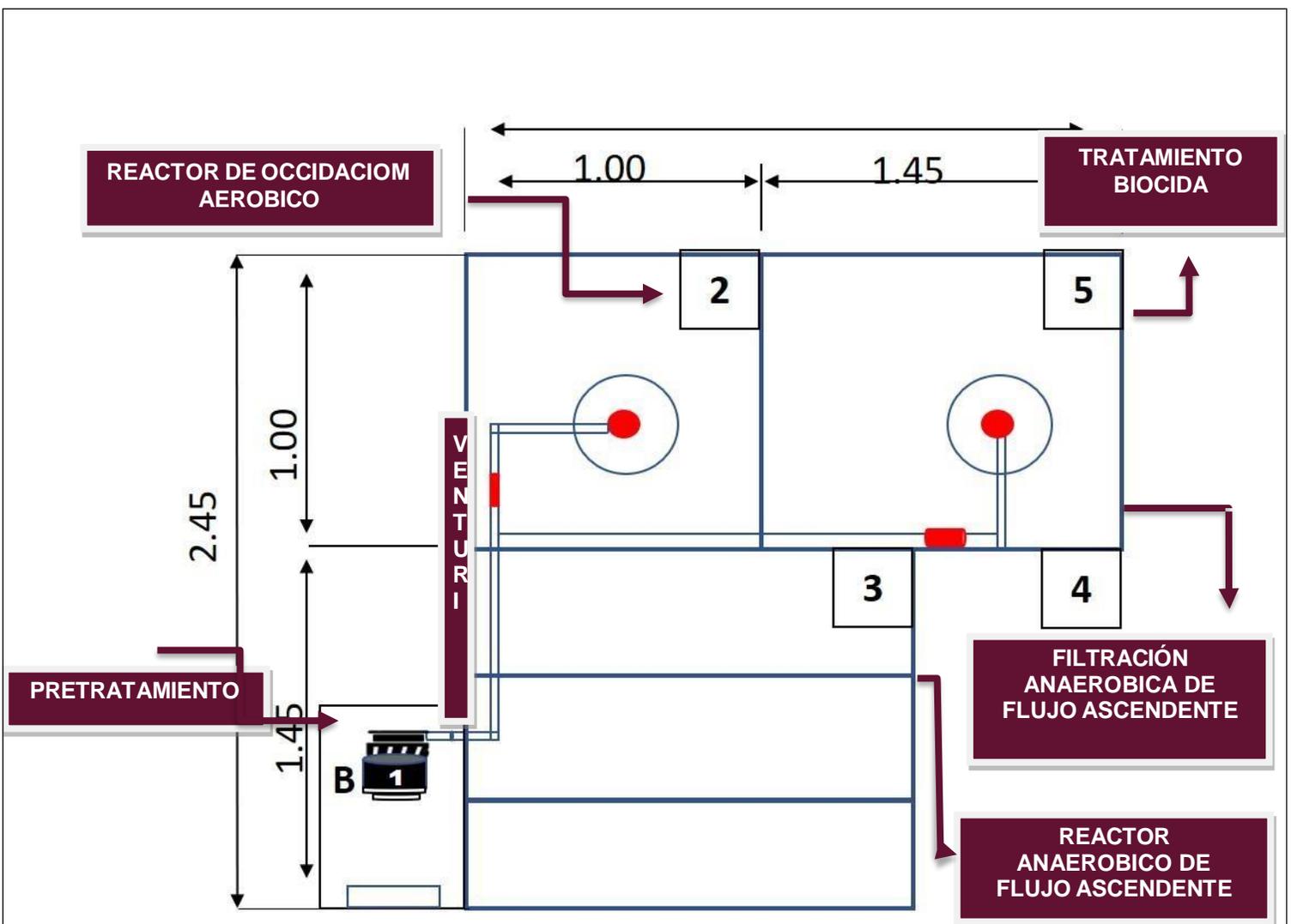


Fig. 33. Sistema de tratamiento

ETAPA 2

reactor de oxidación aerobico

La segunda etapa es un reactor de oxidación aeróbico, el cual recibe el agua trasgada por medio de bombeo de la etapa 1.

Los sistemas aérobicos de tratamiento de aguas residuales, aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar materia orgánica y nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en el agua residual para su propio crecimiento, en presencia de oxígeno, que actúan como aceptador de electrones en el proceso de oxidación de la materia orgánica.

Una bomba de trasvase o también conocida como bomba de trasiego crea una diferencia de presión para transferir agua u otros líquidos de un lugar a otro. El líquido se va moviendo a medida que cambia la presión. De esta manera conseguimos cambiarlo de un lugar a otro.



Fig. 34. Bomba de trasvase



Fig 35. Método de oxidación aeróbica



Fig 37. Soplador

El difusor dará salida al aire inyectado, empezará el proceso de remoción de nitrógeno de los efluentes o desnitrificación.



Fig. 38 Difusor

Operación

1. Destapar las tapas de las cámaras de inspección y dejar que se ventile por unos 10 minutos.

2. Retirar la espuma y natas que estén flotando sobre el agua con un cernidero de malla fina de plástico o madera. El mismo debe estar provisto de un mango largo, su material de construcción debe ser liviano y debe tener una forma ergonómica para facilitar el trabajo de desalojo.
3. Arrojar la espuma sobre la carretilla y esperar que se llene completamente.
4. Transportar cuidadosamente la carretilla, hacia el lecho de secado.
5. Tapar bien las tapas de inspección del reactor.

ETAPA 3

REACTOR ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE

El Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA), es un tipo de reactor que está constituido básicamente de un lecho con material de empaque adecuado, el cual queda completamente sumergido en el líquido a tratar que se introduce por la parte inferior del tanque y sale, ya tratado, por la parte superior.

Consiste en un sistema de lodos en suspensión y flujo ascendente que está calculado para que el manto de lodos fluctúe de la parte inferior a la parte superior del RAFA y cuya velocidad ascensional sea tal que no permita la salida de lodos, acumulándose en la parte intermedia del reactor y permitiendo el incremento de la biomasa.



Fig.39 Sistema de boquillas entrada hombre

Los sistemas de boquilla para entrada hombre son conectores de anclaje portátiles que se utilizan para el ingreso vertical a espacios confinados. La boquilla para entrada hombre proporciona una base adaptadora que se ajusta a una abertura para la entrada hombre. Este sistema está diseñado para la instalación frecuente de equipos para espacios confinados en aberturas de tamaño similar.

Operación

1. El Operador lavará, la superficie del RAFA una vez a la semana como mínimo con la misma agua tratada a presión.
2. El Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente se purgará cuando se encuentre saturado, esto lo indicará la excesiva salida de Iodos en el área de afluencia.
3. La purga consistirá en la extracción de Iodos del registro del RAFA mediante una bomba especializada para Iodos o un equipo Vactor, esta purga se realizará aproximadamente tres años después de la fecha de arranque.

Mantenimiento

1. En el mantenimiento de esta etapa consiste en la extracción de lodos acumulados en el fondo. Por lo que el diseño del sistema se consideran boquillas entrada hombre.
2. Esta actividad se realizará aproximadamente dos veces, sin embargo, al iniciar operación de la PTAR se recomienda monitorear los compartimientos cada 4 meses durante el primer año.

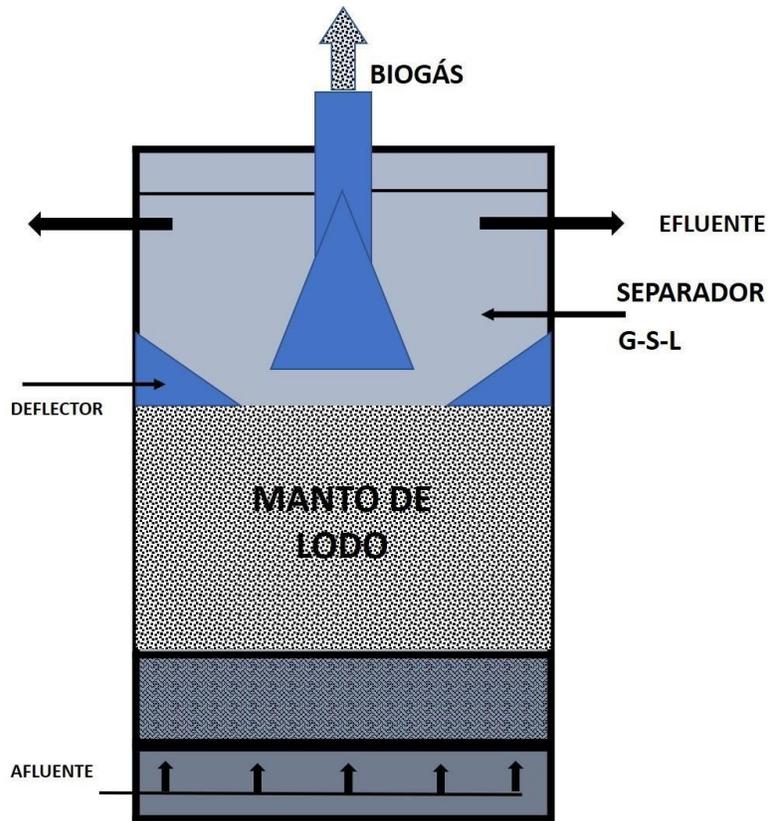


Fig. 40. R.A.F.A

La entrada y salida del flujo es por gravedad, como se mencionó anteriormente. Los lodos acumulados posteriormente a su extracción con un vector, se colocarán poco a poco en el depósito de secado denominado “lecho de secado” dejándolos en un lapso de tiempo de 24 a 48 horas.

Los lechos de secado se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacúa a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos.

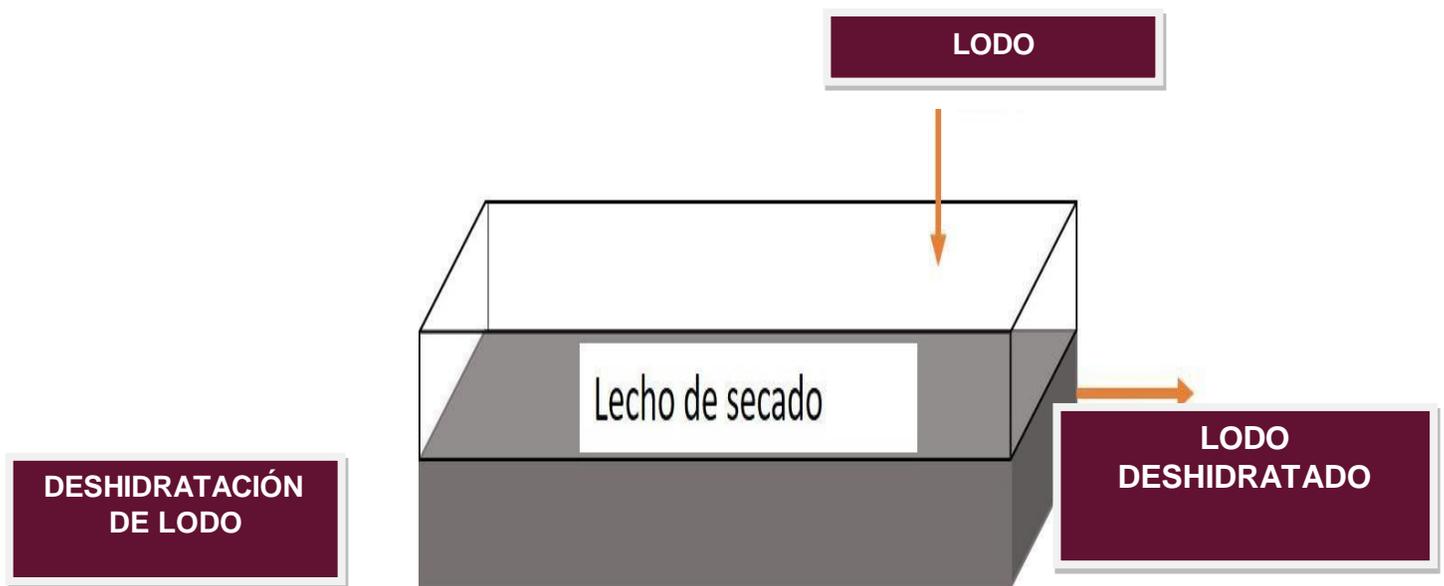


Fig 41. Lecho de secado

La característica principal de este proceso microbiológico es la ausencia del oxígeno, donde la materia orgánica se transforma en biomasa y compuestos orgánicos.

Estabilización de lodos

Durante el proceso de tratamiento de lodos mediante cal viva es necesario mantener el pH por arriba de 12, por un tiempo mínimo de 2 horas, para asegurarse la destrucción de los patógenos y proporcionar la suficiente alcalinidad residual para que el pH no descienda a menos de 11. Permitiendo, así, el tiempo suficiente para almacenamiento o disposición del lodo estabilizado. La cantidad de cal necesaria para estabilizar el lodo está determinada por el tiempo del mismo, su composición química y la concentración de sólidos.

NOTA: No se deberá esparcir lodo en el lecho cuando éste ya contenga una carga anterior en fase de secado.

Operación

1. Se escarificará la superficie de arena del lecho de secado con rastrillo o cualquier otro dispositivo antes de la adición de lodo.
2. Remover todo el lodo antiguo cuando haya alcanzado el nivel de deshidratación que permita su manejo.
3. Descargar el lodo en un espesor de capa de lodo de 30 a 40 cm.
4. Acondicionar y distribuir uniformemente el lodo en el área designada en el lecho.

5. El lodo primario del cribado se lo llevará manualmente cada que y se lo dispersará de manera uniforme sobre la parte superior del lecho de secado.
6. Con una bomba se extraen los lodos del tanque de recepción.
7. La colocación de los lodos es con mangueras por lo que no es en su totalidad de forma manual.
8. Dejar los lodos en un lapso de tiempo de 24 a 48 horas.

Mantenimiento

1. El mantenimiento del lecho de secado consiste en remover el lodo deshidratado para darle una disposición final.
2. El lodo deshidratado es seco, quebradizo y fácilmente manejable.
3. Utilizar una pala cuadrada y rastrillo para la remoción de los lodos.
4. Empacar el lodo seco en costales para entregarlos al personal encargado para su disposición final.
5. Remover las hierbas u otros restos vegetales que puedan proliferar en la capa del lecho de secado.
6. Reemplazar la arena perdida durante la remoción del lodo seco, por arena nueva de igual calidad a la señalada en el proyecto.
7. En el caso eventual de que el lecho muestre una tendencia a colmatarse, toda la capa de arena debe reemplazarse por arena de una granulometría mayor en cuanto a la gradación y tamaño efectivo.
8. El personal encargado de los residuos sólidos dispondrá del lodo seco según la disposición final que se lleve a cabo.

ETAPA 4

FILTRACIÓN ANAEROBICA DE FLUJO ASCENDENTE

Este proceso permite la refinación del tratamiento del agua posterior a las otras etapas, trabajan de forma ascendente porque de esta forma hay menos riesgo de que pueda lavarse la biomasa que se encuentra fija.

El medio filtrante por el cual pasa el agua puede estar compuesto de estructuras plásticas. En este caso particular nuestros medios filtrantes son módulos de biodeck y aros de bambú, por su fácil adaptación al sistema.

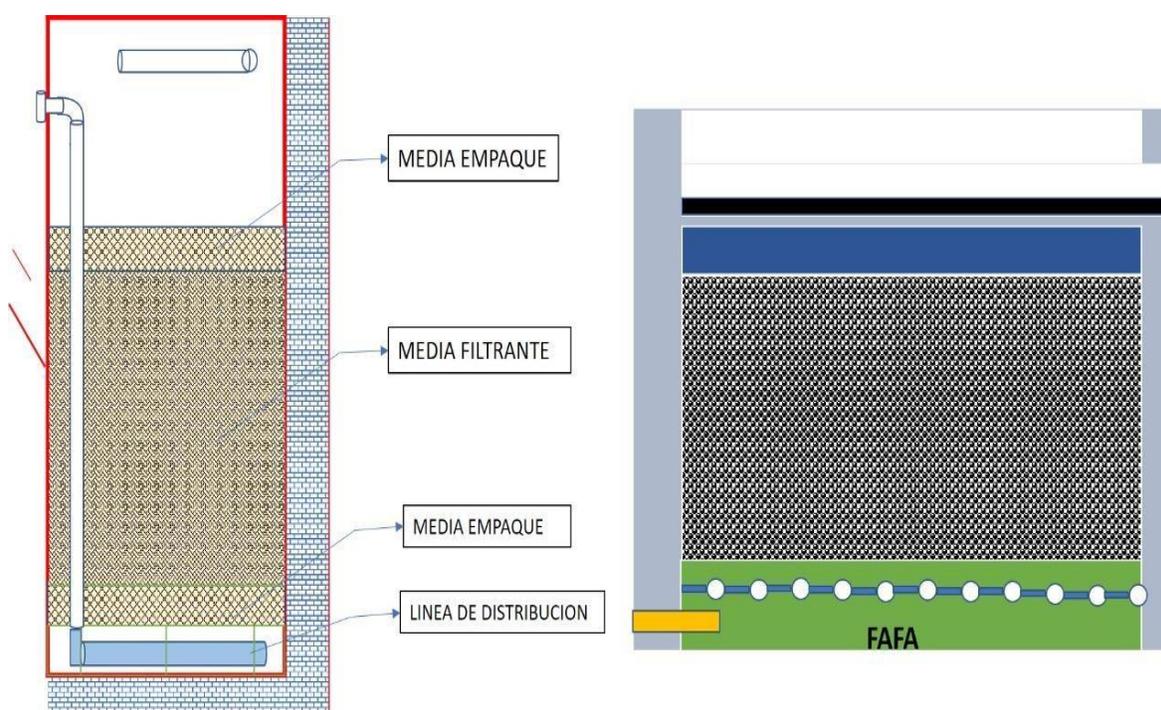


Figura 42. F.A.F.A

Las bacterias presentes en la biomasa y alojadas en el módulo biodeck se alimentan y reproducen, transformando el agua contaminada en un líquido más claro.

NOTA: Se sugiere que el material de empaque tenga su reposición cada 18 meses.

Mantenimiento

Se recomienda revisar semestralmente las cajas de distribución del efluente del FAFA para observar que no exista acumulamiento de agua residual esta es una señal que el sistema está funcionando correctamente caso contrario si se observa la presencia de bolas; terrones de biopelícula se debe analizar la limpieza del material filtrante, para lo cual se debe hacer lo

siguiente:

1. Destapar las tapas de inspección, dejar que se ventilen por unos 15 minutos hasta que todos los gases se hayan desalojado.
2. Vaciar el filtro anaerobio de flujo ascendente.
3. Lavar superficialmente los medios filtrantes con el uso de agua a presión, se deberá introducir el agua por la parte superior del lecho haciendo que fluya hacia abajo.
4. En caso de persistencia sacar el material filtrante y lavarlo manualmente.

ETAPA 5

TRATAMIENTO BIOCIDA

Esta ultima etapa consiste en un tratamiento biocida para este asegurar la eliminación de bacterias y partículas coliformes, mismo que requiere el ozono en gas, este gas se produce en un generador eléctrico de uso continuo, cuenta con una salida conectada a un Venturi para adaptarlo a la tubería que proviene del soplador para transportarlo al difusor de inyección de aire. Como se muestra en la imagen 16.

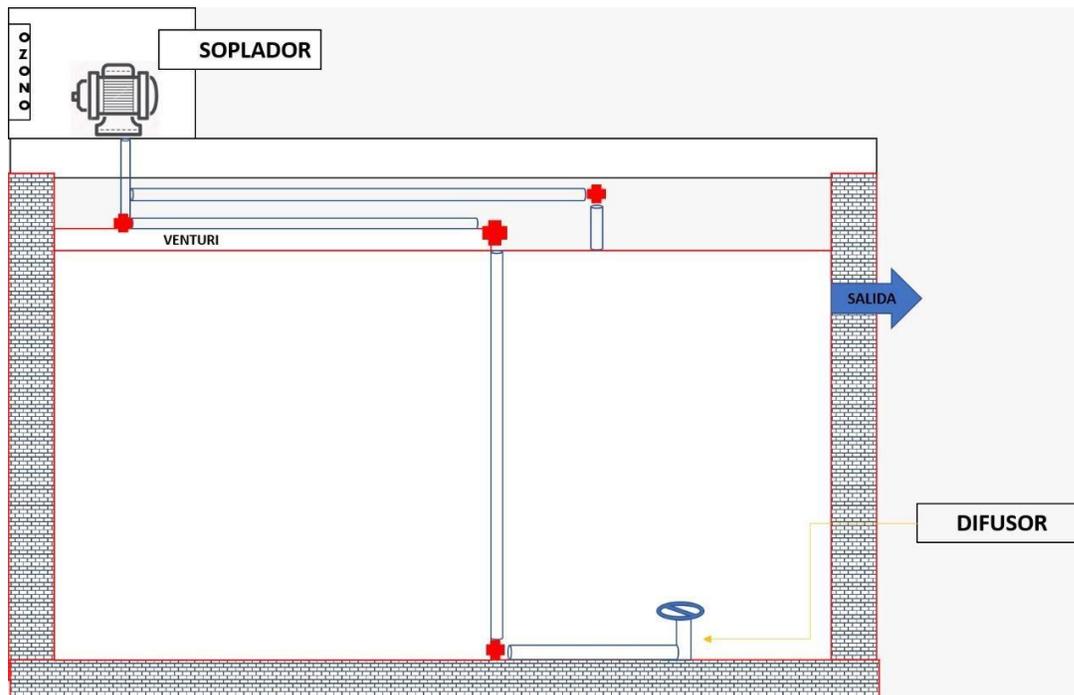


Fig. 43 Tratamiento biocida

Cuando el tanque del tratamiento biocida llega su tirante de agua da salida, para posteriormente pasar a la cisterna de agua tratada.



Fig. 44 Cisterna de agua tratada

NOTA: Una vez que comienza la operación del sistema de tratamiento, los módulos del 2 al 5 no tienen que ser operados manualmente para el trasiego de cada etapa, ya que funcionan por gravedad sus entradas y salidas.

Operación

1. La generación de ozono utiliza una cantidad significativa de energía eléctrica. Por esto se debe dar una atención constante al sistema para asegurar que el uso de la energía es optimizado para un rendimiento controlado de la desinfección.
2. El operador debe monitorear regularmente las subunidades apropiadas para asegurar que no estén recalentadas.
3. El operador debe verificar rutinariamente que no existan escapes puesto que una fuga muy pequeña puede causar concentraciones inaceptables de ozono en el ambiente.
4. Es importante que las tuberías del generador de ozono, de distribución, de contacto, del gas de escape y de entrada a la unidad de destrucción de ozono sean purgadas antes de abrir los diversos sistemas o subsistemas.
5. Los operadores deben tener todo el equipo de seguridad industrial disponible para su utilización en caso de que suceda una emergencia.

PREPARACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

1. Determinar las responsabilidades al técnico encargado de la operación y mantenimiento.
2. Revisar toda la información de la planta en el manual de operación y funcionamiento para aclarar dudas.
3. Inspeccionar detenidamente la planta, para verificar el funcionamiento correcto, según el manual de operación.

SEGURIDAD Y EQUIPAMIENTO DE USO GENERAL

En toda instalación es necesario seguir reglas básicas de seguridad, que tienen por objeto mantener en buen estado los equipos y los recursos humanos dentro de la misma.

En vista de que las aguas residuales o sus subproductos tales como arenas, natas, lodos, etc. Representan un peligro potencial para la salud de los operadores de la planta, ya que pueden llegar a contener microorganismos que contagien alguna enfermedad infecciosa, tal como tifoidea, disentería, hepatitis, tétanos, etc. Los operadores y personal de mantenimiento deben contar con el uniforme y equipo de seguridad completo para el desarrollo de las actividades de operación y mantenimiento de la planta.

EQUIPOS DE SEGURIDAD	
Casco de seguridad	

Mascarilla



www.bunkerindustrial.com

Guantes de látex anticorte



Gafas de seguridad



EQUIPOS DE SEGURIDAD

Overol de seguridad



Botas de caucho



SALIDA DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

La suspensión del proceso se puede dar en los siguientes casos:

1. Colapso del cribado por mal uso del sistema de alcantarillado.
2. Ejecución de las actividades de mantenimiento.
3. Taponamientos y obstrucción de tuberías.
4. Trabajos a realizarse como adecuación de unidades o trabajos de mejoras.
5. Eventualidades no programadas como derrumbes.