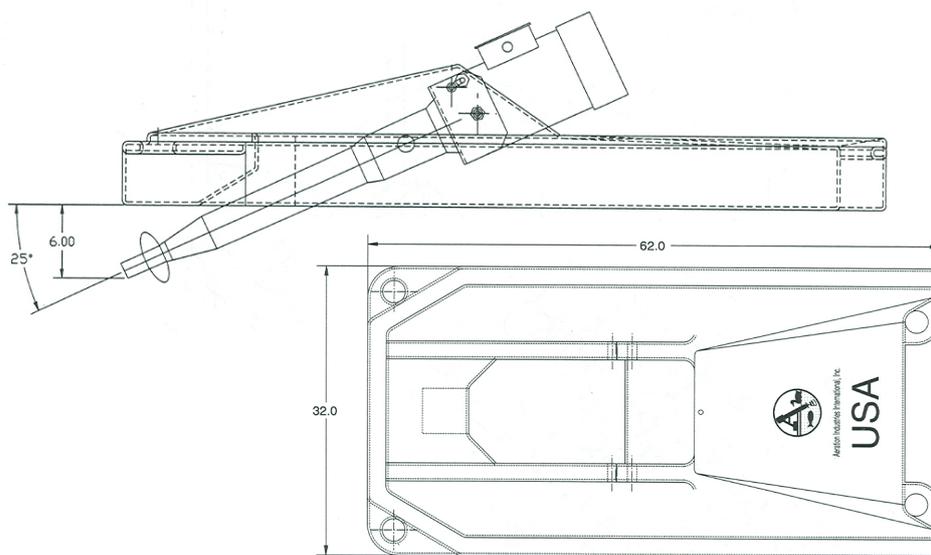
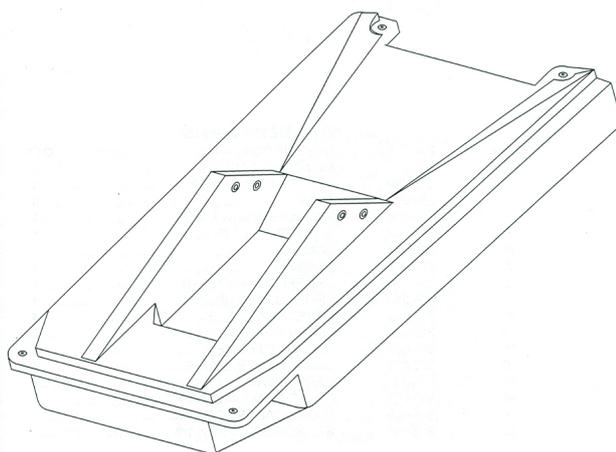


DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA TENGUEL



336-025



DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA TENGUEL

Autor:

Alfredo Xavier Gonzalez Delgado



DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS PARA TENGUEL

Autor

Alfredo Xavier Gonzalez Delgado

Primera edición: enero 2018

Diseño de portada y diagramación:

Grupo Compás

Equipo Editorial

ISBN: 978-9942-770-29-5

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Indice

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	Antecedentes Generales	5
3.	Antecedentes Específicos	5
4.	Generalidades	6
5.	Metodología de trabajo	7
6.	Fase 1: Estudios Preliminares	7
7.	IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	9
8.	Pero, ¿Qué son las aguas residuales?	9
9.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	12
10.	Alternativas de tratamiento existentes en la actualidad	12
11.	Tratamientos de aguas residuales	12
12.	Tratamiento primario	12
13.	Rejillas	13
14.	Homogenización o Ecuilización de Caudales	14
15.	Tratamiento secundario	16
16.	Microorganismos que realizan la degradación de la materia orgánica.	20
17.	Proceso de Aireación Extendida.	25
18.	Proceso de Mezcla completa	26
19.	Tratamiento de Lodos	27
20.	Digestión aeróbica	27
21.	Lecho de Secado	28
22.	Desinfección mediante Radiación Ultravioleta	30
23.	Como funciona la desinfección mediante luz ultravioleta	31
24.	Canaleta Parshall (Medidor de Caudales)	33
25.	Aireación y agitación del tratamiento	33
26.	Aireación con Difusores	34
27.	Aireadores Mecánicos	34
28.	Aireadores de Superficie	35
29.	Aireadores Sumergidos o de Turbina	35
30.	Elección del sistema de aireación	36
31.	Elección del Sistema para Tratamiento de Lodos Digeridos	37
32.	Lecho de Secado	37
33.	Centrifugación	37
34.	Deshidratador	38
35.	Filtración al vacío	38
36.	Filtros de presión de Banda	39
37.	Filtro Prensa	39

38.	Razones para elegir el Sistema de Lecho de Secado.	40
39.	Criterios a utilizar en el diseño de la planta de tratamiento	41
40.	Elección del sistema de Tratamiento.	44
41.	Sistema de Tratamiento Modular	46
42.	Cierre del Ecuilizador	48
43.	Cierre del Clarificador	52
44.	Cierre del Digestor Aeróbico	53
45.	Parámetros de control necesarios en el funcionamiento de la planta de tratamiento de lodos activados	55
46.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA TENGUEL	60
47.	Rejillas	60
48.	Ecuilización u homogenización de caudales	60
49.	Laguna de Aireación	61
50.	Clarificador	62
51.	Digestor de lodos	62
52.	Lecho de secado de lodos	63
53.	Unidad de Desinfección	65
54.	UBICACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	66
55.	Aspectos Climáticos	66
56.	Pluviosidad	67
57.	Temperatura	67
58.	Viento	67
59.	Topografía	68
60.	Características del suelo	68
61.	Generación de ruido	69
62.	Áreas de Amortiguamiento	69
63.	Utilización de Áreas Colindantes y Generación de Olores	70
64.	Mantenimiento y Limpieza	70
65.	Introducción	0
66.	Tratamiento primario	0
67.	Rejillas	0
68.	Tamiz	0
69.	Tratamiento Secundario	1
70.	Laguna de Aireación (Zanja de oxidación)	1
71.	Clarificador	1
72.	Tratamiento de lodos	2
73.	Digestor	2

74.	Deshidratación de lodos	2
75.	Manejo final de lodos y efluente.	2
76.	Ultravioleta	2
	Diseño de las lagunas	3
7.1.	Diseño de las lagunas de aireación	3
7.1.1.	Caudal a tratarse	3
77.	Concentración orgánica (S_0)	4
78.	Volumen requerido de la laguna	4
79.	Aireadores	6
80.	Requerimiento de Oxígeno actual para modalidad de aireación extendida (N)	7
81.	Tasa estándar de transferencia de oxígeno en condiciones extendidas	7
82.	Potencia de aireadores en condiciones de aireación extendidas.	8
83.	Diseño del digestor de lodos	9
84.	Producción diaria neta de lodos	9
85.	Cálculo de caudal del purga de la recirculación (Q_{fp})	9
86.	Dimensionamiento del digestor de lodos	10
87.	Tasa de transferencia de oxígeno	10
88.	Aireadores	11
89.	Volumen de aire requerido	12
90.	Potencia de aireadores en condiciones de aireación extendida	12
91.	Diseño de los deshidratadores	12
92.	Parámetros básicos de diseño	12
93.	Dimensionamiento de los deshidratadores	13
94.	Clarificadores	14
95.	Parámetros básicos de diseño	14
96.	Dimensionamiento del clarificador	15
97.	Conclusiones y Recomendaciones	15
98.	Disposición del efluente	16
99.	Manejo de lodos	16
	Purga de lodos de la laguna de aireación	16
100.	Purgas del digestor	17
101.	Manejo de lodos secos del lecho de arena	17
102.	Manejo de sólidos retenidos en la estación de bombeo	18
103.	EQUIPOS DE AIREACIÓN	18
104.	Dibujos de Ensamblaje	21
105.	RECOMENDACIONES	23
106.	BIBLIOGRAFÍA	24



1. INTRODUCCIÓN

2. Antecedentes Generales

Debido al gran crecimiento urbano que ha tenido el cantón Guayaquil y sus poblaciones aledañas en los últimos años, como es el caso de Tenguel que es la cabecera parroquial de la parroquia rural Tenguel del cantón Guayaquil.

Se ubica en el extremo sur de la provincia del Guayas. Limita por el Norte con el cantón Balao, provincia del Guayas; al este con el cantón Ponce Enríquez, provincia del Azuay; al sur el cantón El Guabo, provincia de El Oro; y al Oeste, el Golfo de Guayaquil.

La distancia entre Guayaquil y Tenguel es de 130 kilómetros a lo largo de la vía Panamericana.

La vía principal de conexión con toda la región es la carretera Panamericana, que está a aproximadamente 7 kilómetros de distancia del poblado.

3. Antecedentes Específicos

En lo que respecta a la factibilidad de aguas servidas, se explica que no existe red sanitaria en el sector y que por consiguiente, para la población se deberá utilizar un sistema de tratamiento de aguas residuales .

Tenguel es una parroquia rural del Cantón Guayaquil y consecuentemente está localizada en el área de las competencias de Interagua. La cabecera parroquial tiene el mismo nombre y cuenta, en un pequeño sector, con un sistema muy antiguo para las evacuaciones de aguas servidas, el mismo que en la actualidad se lo puede considerar que ha cumplido su vida útil. Adicionalmente como un componente del Plan de Expansión de Agua Potable, Interagua, en el año 2.008, construyó el sistema de agua potable para la población de Tenguel, dotando del líquido vital a un área de 130 hectáreas.

Sistema Existente

- ⦿ Existe una pequeña red instalada, luego de 1.933, por la United Fruit Company, que en la actualidad prácticamente no presta ningún servicio.
- ⦿ La gran cantidad de viviendas usa pozos sépticos, pozos ciegos y letrinas.

Por esa razón es indispensable diseñar el respectivo sistema de tratamiento de aguas residuales, que recibirá las aguas de todas estas etapas. En el presente estudio se analizan las características de la urbanización, considerando la ubicación, la cantidad de personas para las cuales esta proyectada y todos los aspectos importantes de esta que permitan realizar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas . Con dicho sistema se quiere lograr la degradación de la materia orgánica de la planta y la eliminación de los desechos del agua residual, pudiendo de esta manera cumplir con la norma Ecuatoriana vigente y reutilizar el efluente o disponerlo de manera adecuada.

Con dicho sistema se quiere lograr la degradación de la materia orgánica de la planta y la eliminación de los desechos del agua residual, pudiendo de esta manera cumplir con la norma Ecuatoriana vigente y reutilizar el efluente o disponerlo de manera adecuada.

4. Generalidades

Tenguel es una parroquia rural del Cantón Guayaquil y consecuentemente está localizada en el área de las competencias de Interagua. La cabecera parroquial tiene el mismo nombre y cuenta, en un pequeño sector, con un sistema muy antiguo para las evacuaciones de aguas servidas, el mismo que en la actualidad se lo puede considerar que ha cumplido su vida útil. Adicionalmente como un componente del Plan de Expansión de Agua Potable, Interagua, en el año 2.008, construyó el sistema de agua potable para la población de Tenguel, dotando del líquido vital a un área de 130 hectáreas.

- ⦿ El poblado está dividido por el río Tenguel en dos grandes sectores:
 - > Sector Norte, un área de 50 hectáreas.
 - > Sector Sur, un área de 80 hectáreas.
 - > El sector comercial céntrico se asienta en el sector Sur .
- ⦿ Hay un vasto número de calles adoquinadas, aunque en la gran mayoría de calles la calzada sólo está afirmada y lastrada.

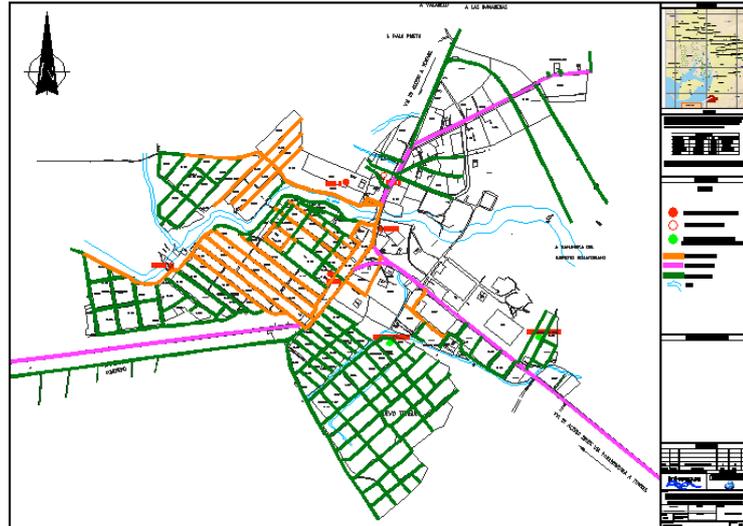


Figura 1.1. Ubicación general de las etapas de la Parroquia Tenguel

5. Metodología de trabajo

El estudio de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas se ejecuto en tres fases:

6. Fase 1: Estudios Preliminares

Durante la fase 1 del estudio se realizó una descripción general del proyecto que permita tener una visión clara del tipo de comunidad servida, sus características físicas y climáticas. Esta información fue de vital importancia para garantizar que los estudios realizados se ajusten a los criterios técnicos conocidos y además a la situación real y específica de cada uno de los sectores del proyecto.

Se recolectó información existente disponible en instituciones tales como Interagua, la M. I. Municipalidad de Guayaquil y otras, complementada con varios trabajos de campo que fueron definidos en función de las necesidades que surgieron luego del análisis de la información existente.

Se buscó información técnica sobre los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes. Esto sirvió como punto de partida para seleccionar posteriormente el mejor sistema para el proyecto.

Se coordinó la ubicación del STARD junto al equipo encargado de desarrollar el diseño del alcantarillado sanitario. En la tabla 1.2 se muestran las fuentes de información consultadas.

Tabla 1.1. Fuentes de información solicitadas durante la primera etapa del proyecto.

INSTITUCIONES, ORGANISMOS	TIPO DE INFORMACION
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSO	Población Económicamente Activa de la ciudad de Guayaquil. Viviendas y Tipos de Servicios de la ciudad de Guayaquil.
INTERAGUA	Obras de Agua, Alcantarillado y en Proyección. Plan Maestro de Alcantarillado para la ciudad de Guayaquil. Año 2005.
M. I. MUNICIPALIDAD DE GUAYAQUIL	Normas Municipales para Edificación. Requisitos para la Aprobación de la ubicación de sistemas de Tratamiento para Aguas Residuales. Régimen Urbanístico Municipal del Cantón Guayaquil.
INAMHI Y ESTACION DAULAR	Características Climáticas de la ciudad de Guayaquil.

El anteproyecto contenía la concepción técnica de los sistemas unitarios de procesos, así como las características de los equipos a utilizarse. Este también sirvió para analizar los diferentes métodos constructivos a emplearse en el proyecto.

El diseño definitivo tuvo como objetivo llevar el anteproyecto a un nivel de diseño detallado que permita estimar los costos de este, su funcionamiento y correcta operación. Este aspecto se logró complementando los trabajos de campo que se realizaron en el área del proyecto.

7. IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En la actualidad debido al gran desarrollo de los centros urbanos, se ha producido un aumento considerable en la contaminación de la tierra y de los afluentes naturales, tales como ríos, lagos, mares y aguas subterráneas.

Esta contaminación se debe principalmente a que las aguas provenientes del alcantarillado público e industrial se eliminaba, hasta hace algunos años, directamente a dichos afluentes naturales, lo que causó una acumulación de residuos contaminantes y a veces tóxicos, provocando daños en el ecosistema, tanto a la flora como a la fauna.

Por otro lado, si se permite la acumulación y estancamiento de las aguas residuales, se puede producir gran cantidad de gases malolientes, producto de la descomposición de la materia orgánica. Además, es importante destacar la presencia de gran cantidad de microorganismos patógenos y causantes de enfermedades que afectan directamente al ser humano.

Por esto surge la necesidad de realizar un tratamiento de las aguas residuales, antes de ser eliminadas o dispuestas, para la protección del ser humano y de su entorno. A escala mundial se ha tomado conciencia respecto a este gran problema, y se han formado organizaciones encargadas de regular la descarga de los efluentes de aguas residuales, creando leyes y reglamentos que establecen parámetros máximos permitidos para la emisión. Dichas organizaciones se encargan de controlar que todos los países cumplan con las Normas establecidas.

8. Pero, ¿Qué son las aguas residuales?

Las aguas residuales son aguas que se producen como resultado de actividades domésticas y del metabolismo humano, que se transportan en un sistema de alcantarillado. Tales aguas portan sustancias o materiales indeseables de muy distinta naturaleza (compuestos orgánicos, sustancias inorgánicas, como detergentes, productos químicos, y microorganismos), los cuales pueden estar disueltos o suspendidos, lo que plantea el problema de los vertidos y su tratamiento.

En Ecuador se han creado leyes que regulan la disposición de las aguas residuales, basadas en las normas internacionales, en función de las cuales es necesario registrarse al momento de establecer algún centro urbano o industrial en el país. En el siguiente apartado se presentan las leyes para la emisión de efluentes líquidos.



9. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

10. Alternativas de tratamiento existentes en la actualidad

En la actualidad existen diferentes alternativas de sistemas de tratamiento dentro de los cuales se encuentran los modulares y centrales. Para el presente proyecto se considero un sistema de lodos activados modular, ya que este facilita el mantenimiento y reparación de las unidades de proceso en caso que requieran ser cerradas.

11. Tratamientos de aguas residuales

Los contaminantes biodegradables de las aguas residuales pueden ser degradados mediante procesos en los que los microorganismos aceleran la descomposición de la materia orgánica. Estos microorganismos utilizan dicha materia orgánica como alimento para crecer y para su metabolismo de manutención.

Normalmente, los tratamientos de las aguas residuales se llevan a cabo en tres etapas básicas. Primero se realiza un tratamiento primario en el cual se eliminan los sólidos gruesos de las aguas contaminadas. Posteriormente el agua proveniente de la primera etapa pasa al tratamiento secundario, en el que se reduce la cantidad de materia orgánica por la acción de bacterias (disminuir la demanda bioquímica de oxígeno) y finalmente, de ser necesario, el agua pasa al tratamiento terciario, proceso que se usa para eliminar los productos químicos como fosfatos, nitratos, plaguicidas, sales, materia orgánica persistente, entre otros.

En este estudio se especificaran los tratamientos primario y secundario, debido a que son los más importantes para este tipo de aguas residuales domésticas.

12. Tratamiento primario

De acuerdo al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), Libro VI, Anexo 1; el tratamiento primario es definido como el uso de operaciones físicas tales como desbaste (mediante rejillas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual; y de Homogenización o Ecuálización. En el STAR de la Parroquia Rural Tenguel tenemos las unidades de Rejillas y Ecuálización, a continuación se presentan los fundamentos teóricos de estas unidades.

13. Rejillas

La primera operación unitaria que tiene lugar en las plantas de tratamiento es el desbaste, donde se colocan rejillas, que son elementos con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, que se utilizan para retener los sólidos gruesos existentes en el agua residual afluyente.

Los elementos separadores para el desbaste pueden estar constituidos por barras, alambres o varillas paralelas, rejillas, telas metálicas o placas perforadas, y las aberturas pueden ser de cualquier forma, aunque normalmente suelen ser ranuras rectangulares u orificios circulares. Los elementos formados por varillas o barras paralelas reciben el nombre de rejas de barros. La función que desempeñan las rejillas es de separar material grueso del agua a ser tratada. El material separado en esta operación recibe el nombre de basuras o residuos de desbaste.

Según el método de limpieza que se emplee, los tamices y rejas pueden ser de limpieza manual o automática. Generalmente, las rejas tienen aberturas (separación entre las barras) entre 15 y 60 mm., mientras que los tamices tienen orificios de tamaño inferior a este valor. Para el presente caso se emplearán rejillas de acero inoxidable, que conforman una canastilla, la cual irá ubicada en la estación de bombeo, y deberá tener un espesor de las barras (Φ) de 12 mm., y una separación entre barras¹ de 50 mm., a lo ancho y a lo largo; como se muestra en la figura.

¹ Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition, McGraw Hill, USA, 2003, Table 5-2, pp 316

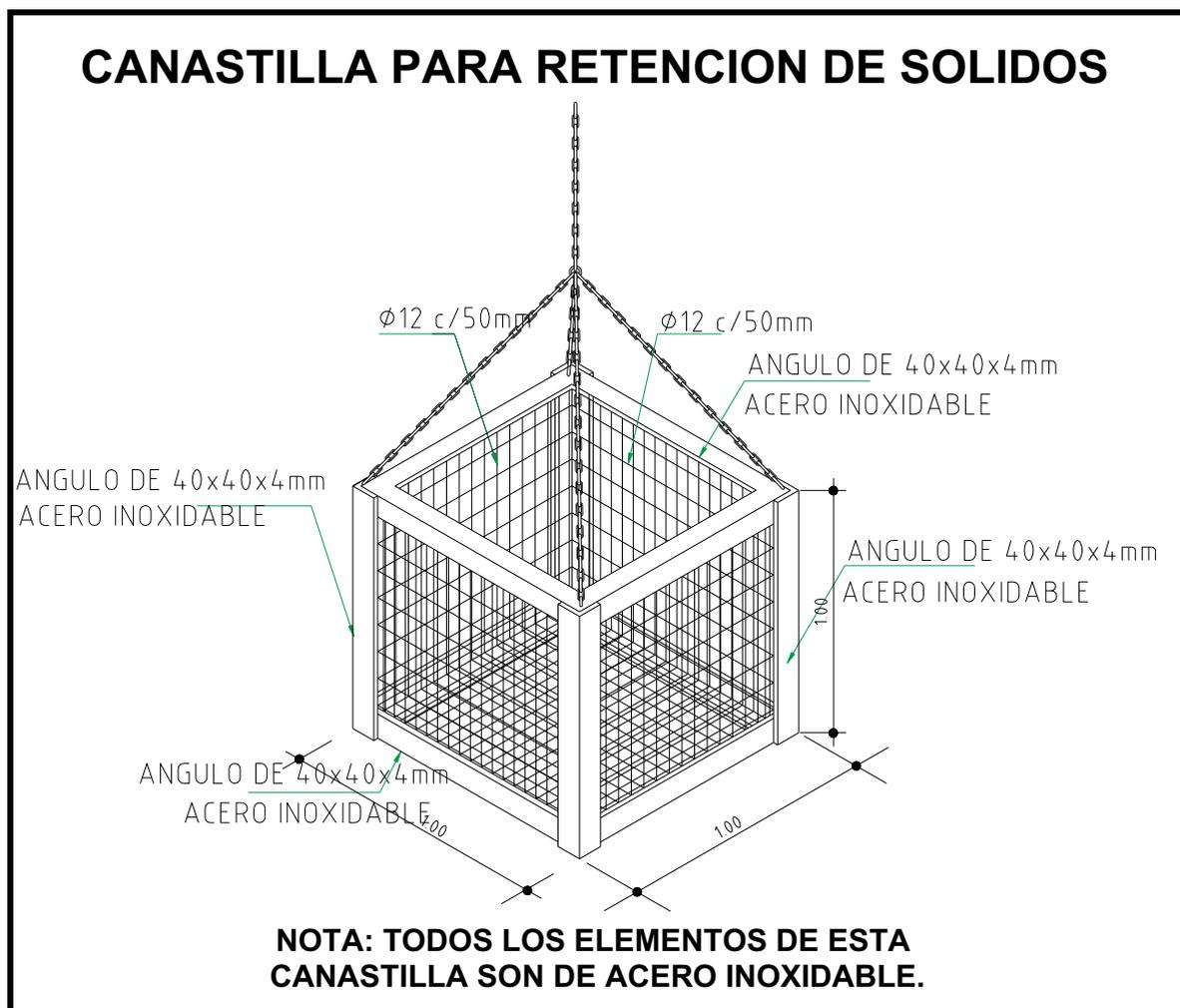


Figura 4.1. Esquema Canastilla de retención de sólidos - Estación de Bombeo

En los procesos de tratamiento del agua residual, las rejillas se utilizan para proteger bombas, válvulas, conducciones y otros elementos contra los posibles daños y obturaciones provocados por la presencia de trapos y de objetos de gran tamaño.

14. Homogenización o Ecuilización de Caudales

La homogenización consiste simplemente en amortiguar por laminación las variaciones del caudal, con el objeto de conseguir un caudal constante o casi constante. Esta técnica puede aplicarse en situaciones diversas, dependiendo de las características de la red de alcantarillado. Las principales aplicaciones están concebidas para la homogenización de:

1. Caudal en tiempo seco
2. caudales procedentes de redes de alcantarillado separativas en épocas lluviosas

3. Caudales procedentes de redes de alcantarillado unitarias combinación de aguas pluviales y aguas residuales sanitarias

La totalidad del caudal pasa por el tanque de homogenización. Este sistema permite reducir las concentraciones de los diferentes constituyentes y amortiguar los caudales de forma considerable. En la disposición, sólo se hace pasar por el tanque de homogenización el caudal que excede un límite prefijado.

Las principales ventajas que produce la homogenización de los caudales son las siguientes:

1. Mejora del tratamiento biológico, ya que eliminan o reducen las cargas de choque, se diluyen las sustancias inhibitoras, y se consigue estabilizar el pH;
2. Mejora de la calidad del efluente y del rendimiento de los tanques de sedimentación secundaria al trabajar con cargas de sólidos constantes;
3. Reducción de las superficies necesarias para la filtración del efluente, mejora de los rendimientos de los filtros y posibilidad de conseguir ciclos de lavado más uniformes.

En el tratamiento químico, el amortiguamiento de las cargas aplicadas mejora el control de la dosificación de los reactivos y la fiabilidad del proceso.

Aparte de la mejora de la mayoría de las operaciones y procesos de tratamiento, la homogenización del caudal es una opción alternativa para incrementar el rendimiento de las plantas de tratamiento que se encuentran sobrecargadas.

También es necesario considerar la integración de las instalaciones de homogenización en el diagrama de flujo de los procesos de tratamiento. En ocasiones, puede resultar más interesante situar la homogenización después del tratamiento primario y antes del biológico, pues así se reducen los problemas originados por el fango y las espumas.

Como se ha descrito anteriormente, la adopción de un sistema de homogenización en línea permite amortiguar considerablemente las cargas de constituyentes en los procesos de tratamiento que tengan lugar a continuación, mientras que la efectividad de la homogenización en derivación es bastante menor.

15. Tratamiento secundario

En un tratamiento de aguas residuales, el factor más importante para la correcta y efectiva eliminación de los contaminantes es el tratamiento biológico, en el cual son los microorganismos los que participan en la degradación de la materia orgánica utilizándola para su crecimiento y manutención.

Existen diversos tipos de tratamiento secundario, cuya clasificación más importante es de acuerdo al tipo de metabolismo que desarrollan, ya sea en presencia o ausencia de oxígeno. Estos se clasifican en:

1. Aeróbicos: Utilizan oxígeno para vivir.
2. Anaeróbicos: No utilizan oxígeno para vivir.

En este estudio se especificará el tratamiento aeróbico, ya que el sistema de tratamiento que se implementará es de este tipo. Dentro de este tipo de tratamiento se analizará el sistema de lodos activados ya que es el que más se utiliza en la actualidad, es eficiente y flexible y es capaz de soportar variaciones considerables de flujo y concentración.

En el sistema de lodos activados participan microorganismos aerobios, los cuales necesitan oxígeno para poder vivir y desarrollar su actividad metabólica, mediante la cual producen la degradación de hasta el 90% de la materia orgánica (medida como DBO₅) presente en el agua a ser tratada, transformándola finalmente en dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O), amonio (NH₄) y biomasa.

Es importante mencionar que el agua residual doméstica tiene una relación de Carbono: Nitrógeno :Fósforo (C:N:P) de 100:5:1, lo cual satisface los requerimientos de una gran cantidad de microorganismos.

Esta nueva biomasa forma agregados celulares llamados flóculos, que corresponden a una agrupación de células microbianas que participan en dicha degradación, entre las cuales se encuentran mas frecuentemente *Escherichia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacteria* y *Zooglea*, algunas de las cuales son patógenas para el ser humano. Durante el proceso pueden también aparecer, aunque en menor número, hongos y levaduras, los que podrían generar una competencia dentro de la laguna y en algunos casos, producir el desplazamiento de las bacterias que son beneficiosas para el tratamiento.

El sistema de lodos activados comprende dos etapas principales, siendo estas la etapa de oxidación aeróbica de la materia orgánica, la cual se lleva a cabo en el tanque de aireación y sedimentación la que se realiza en el sedimentador secundario.

En la primera etapa el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son completamente mezclados y aireados en el tanque de aireación. De esta manera el agua residual sirve como alimento para el crecimiento y mantención de los microorganismos.

Es importante indicar que la mezcla o agitación del medio se efectúa mecánicamente a través de aireadores superficiales, sopladores, etc, los cuales tiene una doble función: producir mezcla completa y agregar oxígeno al medio para que el proceso se desarrolle.

La segunda etapa corresponde a la sedimentación de los lodos en el sedimentador secundario. En este se separa el agua tratada de los lodos biológicos, de los cuales una parte importante es recirculada hacia el tanque de aireación, lo cual hace que el tiempo de retención de sólidos en el tanque sea mucho mayor que el tiempo de retención hidráulico (TRH). Lo anterior provoca que la concentración de microorganismos en el tanque o SSLM (sólidos suspendidos en el licor de mezcla) sea alta, pudiéndose oxidar efectivamente la materia orgánica en corto tiempo.

El exceso de lodos que sale del sedimentador es depositado en un digestor de lodos, gracias al cual se puede disponer posteriormente del lodo estabilizado como residuo sólido (Pandelara y Román, 1997).

Las características de sedimentación del lodo son críticas para su eficiente remoción. Una buena sedimentación ocurre cuando los microorganismos del lodo están en su fase endógena la cual ocurre cuando el carbono y las fuentes de energías son limitados y cuando el crecimiento microbiano específico es lento.

Una buena sedimentación del lodo con una remoción eficiente de DBO ocurre a bajo F/M. Características pobres de sedimentación se asocian normalmente con el bulking del lodo, lo cual es causado por la proliferación de bacterias u hongos filamentosos, lo que hace que el lodo flote.

Esto se asocia normalmente a una alta relación C:N y C:P (alto F/M), a bajas concentraciones de oxígeno o a algún cambio que se provoque en el medio ambiente de los microorganismos (pH, temperatura, tóxicos, falta de nutrientes) que provoque que los flóculos se disocien.

Es por todo lo anterior necesario e importante controlar durante el proceso los factores mencionados para que no se provoquen problemas con los microorganismos, ya que eso alteraría directamente el tratamiento de las aguas residuales.

La representación esquemática del proceso se muestra en el diagrama mostrado en la figura 4.2.

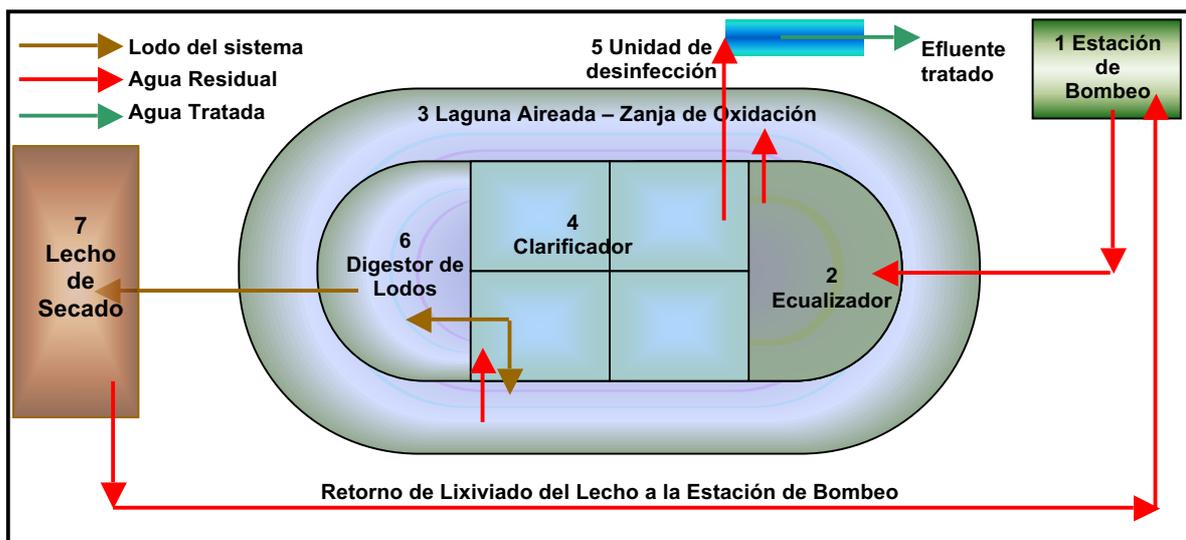


Figura 4.2. Diagrama del proceso de lodos activados.

Existen diversas formas de llevar a cabo el proceso de fangos activos. Los diferentes sistemas de lodos activos se pueden clasificar de acuerdo a la cinética del proceso, en mezcla completa y flujo pistón. Sin embargo han surgido diferentes modificaciones a tales sistemas, dentro de los cuales cabe destacar el proceso de aireación graduada, alimentación escalonada, aireación modificada, contacto y estabilización, aireación extendida, aireación de alta carga, sistema de oxígeno puro y zanjas de oxidación.

Estas últimas se detallarán más en profundidad ya que es una tecnología disponible en el mercado y por que además diversas ventajas por sobre otros sistemas de tratamiento, las cuales se especificarán más adelante.

La zanja de oxidación es un proceso de tratamiento biológico tipo lodo activado que utiliza tiempo de retención de sólidos largos para remover compuestos orgánicos biodegradables. La configuración típica de las zanjas de oxidación puede ser un anillo multicanal, un óvalo o una herradura.

En esta zanja la circulación, la transferencia de oxígeno y la aireación del agua se logran gracias a la acción de aireadores mecánicos, montados vertical u horizontalmente. El mezclado permite que el oxígeno se introduzca en el licor de mezcla, favoreciendo así el contacto con los microorganismos y por lo tanto su crecimiento. La aireación aumenta drásticamente la concentración de oxígeno, pero esta decrece con el consumo de oxígeno de la biomasa a medida que el agua residual avanza por la zanja de oxidación.

Normalmente antes de la zanja de oxidación se realiza un tratamiento preliminar, tal como el desbaste o la dilaceración con rejillas u otros equipos. El efluente de la zanja de oxidación normalmente se sedimenta en un sedimentador secundario. Pueden requerirse filtros terciarios después de la clarificación, lo cual dependerá de los requerimientos del efluente. El flujo que ingresa a la zanja de oxidación es aireado y mezclado con una corriente de lodo de retorno que viene desde el clarificador secundario.

Si se requiere nitrificación, es necesario seleccionar un tiempo de retención de sólidos de diseño específico, con el cual se alcanza un alto grado de nitrificación.

La mayor ventaja de este sistema es la capacidad para alcanzar los objetivos de remoción con bajos requerimientos y costos operacionales y de mantenimiento. Dentro de algunas ventajas específicas de la zanja de oxidación se encuentran las siguientes:

- Largo tiempo de retención hidráulica y una mezcla completa que minimiza el impacto por choques de flujo o sobre carga hidráulica.
- Una medida adicional de la confiabilidad y el funcionamiento sobre otros procesos biológicos debido a un nivel de agua constante y a una descarga continua lo cual disminuye la razón de flujo de vertedero y elimina la sobrecarga del efluente común en otros procesos biológicos, como por ejemplo SBR.
- Produce menor cantidad de lodos que otros tratamientos biológicos, debido al largo tiempo de retención de sólidos en el ovalo de aireación.
- Una eficiente utilización de la energía durante la operación resulta en una disminución de costos energéticos comparado con otros procesos de tratamiento biológico.

En la figura 4.3 se muestra un dibujo esquemático del sistema de tratamiento de zanja de oxidación.

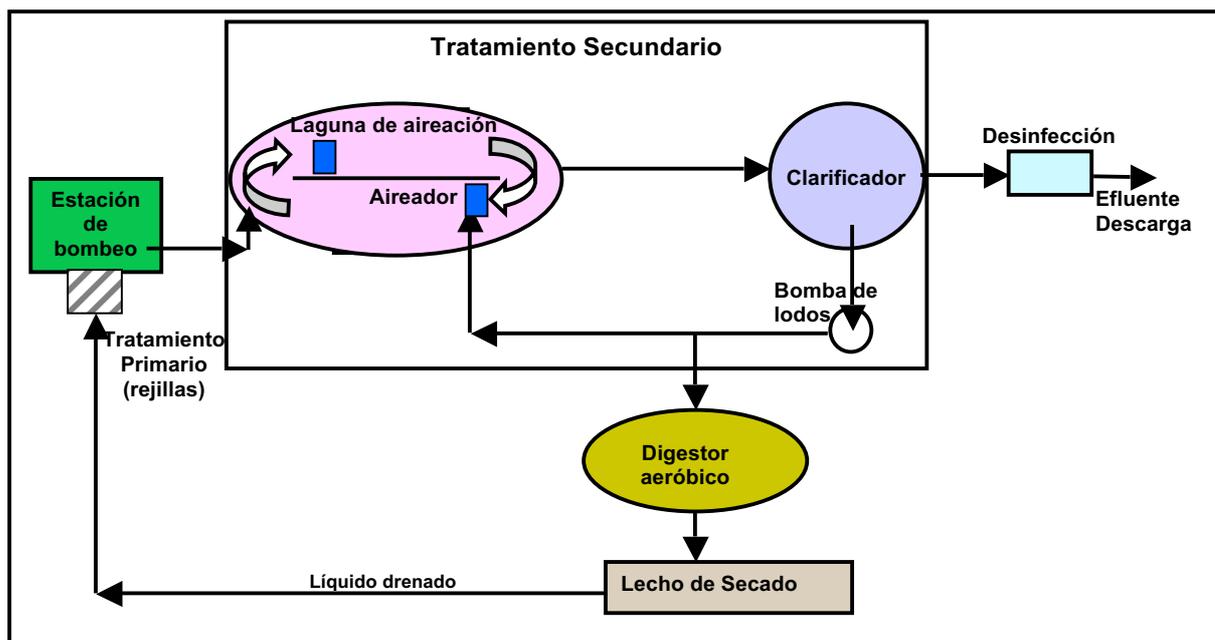


Figura 4.3. Esquema de un sistema de tratamiento de lodos activos en modalidad zanja de oxidación.

16. Microorganismos que realizan la degradación de la materia orgánica.

La mezcla de dos o más especies presentes en los lodos activados es un sistema dinámico; el número de especies y las especies particulares y su población depende en las aguas residuales específicas que han sido tratadas y las condiciones medio ambientales en el sistema del reactor-clarificador. Los microorganismos incluidos bacterias (unicelulares y multicelulares), protozoos, hongos, rotíferos, y algunos nematodos. Los principales organismos involucrados en la bio-oxidación de sustancias orgánicas en las aguas residuales son las bacterias unicelulares.

La mayoría de las bacterias unicelulares usadas en el tratamiento de las aguas residuales son los microorganismos en los suelos, y muy poco son las de origen entérico. La mayoría de las especies bacteriales, con la excepción de algunos grupos tales como las bacterias nitrificantes, son heterotróficas saprofitas porque requieren materia orgánica inerte como sustrato.

La bacteria nitrificante, la cual convierte el ion amonio a nitrito y el ion nitrito a nitrato, son autótrofas porque el dióxido de carbono como fuente de carbono en cambio de preformar sustancias orgánicas. Los microbios presente consisten de ambas aerobias y facultativas anaerobias subsecuentemente usan el oxígeno molecular libre en sus procesos de respiración. Las principales bacterias presentes en lodos activados cuando tratan aguas

residuales son: Acromobacter, arthrobacter, cytophaga, Flavobacterium, Alkaligenes, Pseudomonas, Vibrio, Aeromonas, bacillus, zoogloea, Nitrosomas, y Nitrobacter. Las células de los primeros cuatro géneros son las más numerosas. En adición a la bacteria de nitrificación, otros grupos especializados, como son algunas bacterias de sulfuro y hierro, son presentes aunque en pequeño número. Las bacterias entéricas mueren rápidamente en el reactor porque no pueden competir con los otros microbios existentes en el ambiente. Aunque algunas células microbiales individuales están presentes en los lodos activados, mayoritariamente están presentes como partículas de biomasa zoogloea, la cual consiste en una mezcla de especies de células incrustadas en una masa de polisacáridos en las capas de limo.

Las partículas zoogloea, son deseables porque tiene apreciables propiedades de sedimentar rápidamente. Los organismos filamentosos tales como la bacteria Sphaerotilis natans y la mayoría de los hongos son usualmente no numerosos y no son deseadas porque en grandes números pueden crear un lodo con características de sedimentación pobre.

Los protozoos no usan las sustancias orgánicas en las aguas residuales para ellos, pero se alimentan de la población bacteriana. Los rotíferos no son usualmente numerosos pero se encuentran en los lodos activados que tienen un apreciable tiempo de aireación. Ellos se alimentan de fragmentos de lodos activados que son demasiado grandes para los protozoos. Los Nematodos no son numerosos; sin embargo usan materiales orgánicos no oxidados por otros microorganismos.

Las fases de crecimiento de los microorganismos son principalmente relacionadas al número de las células viables presentes y la cantidad de sustrato o nutrientes limitantes presentes, en suma a otros factores medioambientales.

Crecimiento, muerte y dinámica de las poblaciones:

Uno de los aspectos más importantes es del crecimiento microbiano y el control del mismo. La sobrevivencia de los organismos patógenos, así como la estabilización de los desechos es relacionada con el crecimiento y la carencia del mismo.

Modelos de Crecimiento:

Sigue un modelo definitivo que ha sido estudiado ampliamente con bacterias y protozoos, que crecen por fisión binaria.

Número de Microorganismos:

El modelo de crecimiento se divide en cuatro fases:

1. fase lag no hay incremento en el número las células se están ajustando al medio.
2. Fase Log, o fase de crecimiento solamente restringida por los microorganismos.
3. Fase estacionaria, se mantiene el nivel de la población microbiana.
4. Fase endógena, finalmente muere toda la población y se completa el ciclo de crecimiento.

Fase Lag: Es la fase inicial en la cual los microorganismos se están adaptando al tipo de sustrato. En esta fase la masa de microorganismos es mínima y la masa de sustrato es máxima.

Fase Log: En esta fase, hay un crecimiento logarítmico de la masa biológica, en cuanto a la masa de sustrato esta siendo consumida en la misma proporción de crecimiento de masa biológica.

Fase Estacionaria: Fase en la cual la masa de sustrato es baja, el crecimiento de la masa biológica para ahora a ser negativo, limitado por el poco sustrato disponible. De esta manera una masa biológica se mantiene constante en esta fase (las bacterias comienzan a consumir sus propias reservas de alimentos, o sea comienzan a hacerse más delgadas).

Fase Endógena: En esta fase prácticamente la masa de sustrato acabó y existe en el medio una gran cantidad de microorganismos que comienzan a morir. Con el rompimiento de las células bacterianas (Lisis), las escasas reservas alimenticias en el medio pasan a servir de alimento a otras bacterias.

Masa de microorganismos:

El modelo usado en la masa celular tiene solamente tres fases, la fase log tiene lugar tan pronto el microorganismo hace contacto con el sustrato, al final de la fase log el microorganismo está creciendo a su máxima tasa al mismo tiempo remueve materia orgánica de la solución.

La máxima estabilización de la materia orgánica ocurre en esta fase sin embargo su uso es limitado debido a las demandas de oxígeno ya que la materia orgánica es alta, esto impide un efluente estable.

Fase de declinación del crecimiento, por las limitaciones de alimento la tasa de crecimiento decrece y es menor cada vez. El crecimiento microbiano en esta fase de declinación es a menudo el más usado para la estabilización de desechos.

Fase endógena, cuando cesa el crecimiento la concentración de alimento es mínima como los microorganismos demandan más alimento son forzados a metabolizar su propio protoplasma. Así como lentamente disminuye la concentración de alimento, la razón masa de microorganismos y concentración de alimentos permanece constante, como la masa disminuye la tasa de metabolismo decrece, es usada esta fase para completar la estabilización de desechos orgánicos.

Durante el crecimiento este metabolismo endógeno es marcado por nuevas síntesis y es constante.

Dinámica de las poblaciones :

En la naturaleza los microorganismos no existen como cultivos puros más bien como mezclas. Cada microorganismo debe competir con su vecino para sobrevivir. El modelo de competencia y sobrevivencia en mezclas de microorganismos, el cual está agrupado entre ciertos límites.

Competencia por alimento:

Es el primer factor para crecer un microorganismo debe ser capaz de derivar una cierta cantidad de nutrientes del medio. Algunas poblaciones tendrán los microorganismos que han salido exitosos en la competencia. Existen dos tipos de competencia por alimento:

1. La más común, la habilidad del microorganismo de competir bajo un grupo fijado de condiciones ambientales es una función de las características metabólicas del microorganismos. Los que pueden procesar la máxima cantidad de alimento en una máxima tasa predominarán.

Si dos especies de bacterias están situadas en una solución nutritiva que ambas pueden utilizar, ambas crecerán. Si una de las especies no puede metabolizar el nutriente completamente, esta especie no podrá sobrevivir por su carencia para obtener energía. Estas bacterias dan vía a las que tienen procesos metabólicos completos. En sistemas

aeróbicos, las bacterias que oxidan la materia orgánica completamente a dióxido de carbono y agua pueden sobrevivir y predominar sobre bacterias con modelos metabólicos incompletos. Si dos bacterias metabolizan el mismo alimento a la misma tasa sobrevivirán ambas en masa igual.

Muchas bacterias son del mismo tamaño y sobreviven principalmente sobre sus reacciones metabólicas inusuales. La *Pseudomonas* puede metabolizar casi todo tipo de materia orgánica y vivir en casi todos los ambientes. *Alcaligenes* y *Flavobacterium* son casi tan importantes como las *Pseudomonas*, ya que metabolizan principalmente proteínas.

2. Hongos, bacterias y protozoos, tienen el mismo hábitat metabólico, toman un alimento soluble y lo procesan de un modo similar, difieren en tamaño y tasa de metabolismo. Las bacterias son las más pequeñas y metabolizan más rápido, le siguen los hongos y por último los protozoos. En soluciones orgánicas fuertes y bajo condiciones aeróbicas crecerán todos los microorganismos pero las bacterias predominarán en soluciones débiles, los protozoos no harán más que sobrevivir.

El medio ambiental de un sistema de lodos activados puede considerarse un medio acuático, es colonizado por microorganismos muy variados, como bacterias, hongos, protozoos y metazoos pequeños; la agitación constante y la recirculación de los lodos hacen, sin embargo, el medio inhóspito para la macrofauna acuática.

La sedimentabilidad pobre en los procesos de lodos activados, es por lo general relacionada con crecimiento de microorganismos filamentosos, los mismos que forman flocs biológicos flotantes.

Los hongos son escasos en los procesos biológicos de lodos activados, su presencia es común en aguas residuales de bajo contenido de nitrógeno, y de tratamiento de residuos ácidos. Los hongos pueden dominar a la comunidad microbiana y son muy efectivos tanto como las bacterias para la estabilización del material orgánico, pero su sedimentabilidad es baja ocasionando flocs biológicos flotantes.

La mezcla intensa, hace imposible la presencia de algas en los procesos de lodos activados.

Los protozoos son uno de los organismos más abundantes en los procesos de lodos activados, pueden ser completa o parcialmente sapróbicos y compiten con las bacterias por el material orgánico; otros son holozoicos y usan material orgánico sólido como alimento.

Los protozoos más comunes son los flagelados. Los metazoos son formas superiores, animales, y muy escasos en lodos activados.

algunas veces se encuentran rotíferos, sobre todo en procesos de aireación prolongada con carga orgánica baja es común encontrar rotíferos.

La comunidad de lodos activados es muy variada y puede depender de :

- Naturaleza del suministro alimenticio
- Concentración del alimento
- Turbulencia
- Temperatura
- Tiempo de aireación
- Concentración de lodos

“Las aguas residuales crudas son introducidas en el tanque de aireación con su contenido de materia orgánica(DBO) como suministro alimenticio. Las bacterias metabolizan los residuos produciendo nuevas bacterias, utilizando oxígeno disuelto y liberando dióxido de carbono. Los protozoos consumen bacterias para obtener energía y reproducirse. Una porción del crecimiento bacteriano muere, liberando su contenido celular en la solución para una nueva síntesis en células microbiales. La mezcla líquida, aguas residuales con floc biológico en suspensión, es separada en un sedimentado; se recircula floc sedimentado continuamente al tanque de aireación y se descarga el efluente clarificado. El sistema de lodos activados es un proceso estrictamente aerobio, ya que el floc microbioal se mantiene siempre en suspensión en la mezcla aireada del tanque, en presencia de oxígeno disuelto”².

17. Proceso de Aireación Extendida.

El proceso de lodos activados de aireación prolongada o extendida opera con mezcla completa y requiere los organismos en la fase endógena de crecimiento; por ello se necesita una relación A/M baja, concentración de SSVLM alta y tiempo de aireación largo. Teóricamente no habría problemas de tratamiento y disposición de lodos, puesto que el lodo se digeriría por completo aeróbicamente, ya que ocurrirá auto digestión o lisis en la fase endógena; sin embargo, puede requerirse la provisión de tratamiento y disposición del exceso de sólidos.

² ROMERO ROJAS JAIRO ALBERTO, Tratamiento de Aguas Residuales teoría y principios de diseño, 3ª Edición, EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, 2005.

18. Proceso de Mezcla completa

En un proceso de mezcla completa las partículas del afluente se dispersan inmediatamente al entrar en el reactor, o sea, la dispersión es infinita. El tanque tendrá un contenido homogéneo, una composición uniforme en su volumen y, por tanto, la concentración del efluente es idéntica a la del licor mezclado del reactor.

La unidad en la cual se realiza el proceso de mezcla completa tiene un tamaño fijo y por consiguiente un tiempo de retención específico para un caudal determinado. Ello significa que el tiempo para la actividad biológica estará limitado a un periodo fijo para cada caudal de entrada.

Dentro de dicho periodo de retención se efectuara la actividad biológica de los microorganismos, los cuales pasan por diferentes fases de desarrollo, dependiendo de la relación A/M y demás condiciones ambientales.

Al inicio del proceso de mezcla completa, la relación alimento/microorganismos (A/M) es muy grande, es decir los microorganismos están ante un exceso de alimento. Como el crecimiento es función del alimento presente, inicialmente será máximo, esto es logarítmico.

La materia orgánica del residuo se utiliza a la tasa máxima con una tasa óptima de conversión de material orgánico en células nuevas; el nivel de energía es alto y mantendrá todos los microorganismos completamente esparcidos, crecimiento disperso, haciendo difícil formar floc biológico de lodo activado durante el periodo en que los microorganismos permanecen en la fase logarítmica. A medida que se consume el alimento y se producen nuevas células, la relación A/M disminuye.

El crecimiento pasa entonces de la fase logarítmica a la fase de declinación; algunas células comienzan a perecer y el floc empieza a formarse, pues las células comienzan a perecer y el floc empieza a formarse, pues las células han perdido energía, ya no se apartan unas de otras y la turbulencia promueve su contacto y aglutinación.

La concentración de alimento continua disminuyendo y los microorganismos aumentando, pero a una tasa cada vez menor, la relación A/M alcanza un valor mínimo y se inicia la fase endógena, durante la cual los microorganismos son incapaces de obtener suficiente energía del alimento remanente en el residuo y comienzan a metabolizar sus propias reservas de alimento (lisis), aumentando rápidamente la tasa de formación del floc biológico. Una de

las particularidades del proceso de mezcla completa es el tiempo corto de retención hidráulica y por ende de aireación. También el proceso es resistente a cargas choque.

19. Tratamiento de Lodos

20. Digestión aeróbica

La digestión aeróbica, en principio, se aplica a lodos biológicos, ya que se trata de seguir aireando los microorganismos que constituyen este sólido, para que en condiciones de limitación de fuente externa de sustrato, entren en fase de respiración endógena.

La respiración endógena es una auto-oxidación que resulta en pérdida de masa de la materia orgánica celular, entonces del lodo. Cuando la digestión se realiza con un Biosólido mezclado con sólidos primarios, el tratamiento tiene que oxidar tanto la materia orgánica no biológica como la celular, necesiándose mas tiempo y más oxígeno.

En condiciones de limitación de sustrato externo, los microorganismos no tienen otro medio de supervivencia que alimentarse con su protoplasma. Este fenómeno llamado respiración endógena se explico en la literatura con varias hipótesis sobre los verdaderos mecanismos: Lisis, Decaimiento, Muerte, Depredación, Mantenimiento, etc. (van Loosdercht, et al.1999).

En el caso de que los lodos biológicos sean mezclados con sólidos primarios, los microorganismos tendrán que terminar de crecer sobre este sustrato antes de que se pueda notar después, una reducción significativa de la biomasa por respiración endógena.

El porcentaje de remoción de sólidos volátiles en un digestor aeróbico operado en continuo es solo función de la temperatura y del tiempo de retención de sólidos. La tasa máxima de remoción de sólidos volátiles en los digestores aerobios se encuentra entre 35 y 50%.

Durante el decaimiento, 65 a 80% (como máximo) de la materia orgánica de las células podría ser oxidada y transformada en CO_2 , H_2O y NH_4^+ . Si existe suficiente oxígeno y alcalinidad, el amoníaco liberado será oxidado luego en NO_3^- (nitratos) (ASCE Y WEF, 1998).

En general, 20 a 35% de los lodos biológicos son formados de constituyentes inertes (inorgánicos y orgánicos no-biodegradables), de forma que, con los 35 a 50 % de reducción de materia orgánica que se espera de la digestión aerobia, el restante de sólidos volátiles

después del tratamiento será del 15 al 45%, explicitando lo que significa y se considera residuo estable. Se espera del residuo estabilizado que no genera muchos olores, no atrae vectores, ni contiene cantidades importantes de patógenos.

Las ventajas de la digestión aerobia son las siguientes:

- Operación relativamente simple
- Costo de construcción bajo
- La reducción de sólidos volátiles puede alcanzar los niveles esperados con una digestión aerobia.
- El sobrenadante tiene una DBO menor que la que genera la digestión anaerobia.
- El lodo es menos oloroso y representa un abono estable.
- Excelente deshidratación en lechos de secado.
- No se produce un gas explosivo (metano) que podría ocasionar problemas de seguridad.

El porcentaje de remoción de sólidos volátiles en un digestor aeróbico operado en continuo es solo función de la temperatura y del tiempo de retención de sólidos. La tasa máxima de remoción de sólidos volátiles en los digestores aerobios se encuentra entre 35 y 50%.

21. Lecho de Secado

Los lechos de secado son unidades de tratamiento que generalmente tienen forma de tanques rectangulares, proyectados y construidos de una manera que reciban los lodos provenientes de digestores, o procesos anaerobios. El secado de los lodos se produce mediante drenaje y evaporación del agua contenida.

En el presente estudio se diseñará un lecho de secado de arena. Estos son utilizados para comunidades de pequeñas dimensiones y población de tamaño medio (menos de 20.000 habitantes), aunque se han dado casos en los que se han empleado en instalaciones más grandes.

Una vez digerido el lodo, este es retirado del digestor previa succión del sobrenadante, el cual es dirigido a la laguna aireada. El lodo se extiende sobre el lecho de arena, en capas entre 20 y 30 cm., y se deja secar.

El lodo se deshidrata por drenaje a través de la masa de lodo y del medio filtrante, y por evaporación desde la superficie expuesta al aire. La mayor parte del agua se extrae por

drenaje, razón por la cual es fundamental disponer de un sistema de drenaje adecuado, tuberías de plástico perforadas dispuestas con pendientes mínimas del 1%; separadas hasta 3 metros. Estos conductos deben colocarse adecuadamente y cubrirse con grava gruesa y geomembrana para su protección.

El lecho de secado diseñado para la Parroquia Tenguel:

- **Tanque de almacenamiento.** Forma rectangular, de concreto o tierra (diques).

- **Capa Drenante.** Consta de una capa de soporte, un medio filtrante y un sistema de drenaje.
 - **Capa de Soporte:** tiene como finalidad mantener un espesor de lodo uniforme, evitar que el lodo digerido dispuesto en el lecho se mezcle con la arena del medio filtrante, facilitar la remoción manual del lodo seco, y evitar la formación de agujeros debido a la operación de remoción del lodo. Ladrillos recocidos de 5 cm. sobre el medio filtrante, con juntas de una separación de 2 a 3 cm., rellenas con arena gruesa del medio filtrante, dispuestos de forma armoniosa para facilitar la reposición de los mismos cuando se encuentren defectuosos.

 - **Medio Filtrante:** capas de piedras de granulometrías diferentes, dispuestas una sobre otra, procurando que la capa inferior tenga granulometría mayor que la capa superior. Según las Normas Brasileñas para la construcción de un Lecho de Secado, el medio filtrante estará compuesto por las siguientes capas:
 - Superior: una capa con espesor de 7.5 a 15 cm., conformada por arena con un diámetro efectivo de 0.3 a 1.2 mm. y Coeficiente de Uniformidad igual o mayor a 5.

 - Media: ubicada debajo de la capa superior y conformada por tres capas de grava, siendo la inferior de un espesor de 15 cm. y piedra mayor a grava #4; la capa intermedia con un espesor de 20 a 30 cm. de grava # 3 ó 4, y la capa superior con espesor de 10 a 15 cm. de grava # 1 ó 2.

 - Fondo: el fondo debe ser plano e impermeable, para lo cual se ha dispuesto recubrirlo con geomembrana. Con una inclinación mínima del 1% en sentido de la cámara que recogerá el líquido filtrado

- **Sistema de Drenaje:** conformado por tubos de 110 mm. de diámetro instalados debajo de la grava. Con la finalidad de recoger el removido de los lodos, en fase de secado. El líquido drenado deberá ser convenientemente dispuesto, generalmente retornando al sistema

22. Desinfección mediante Radiación Ultravioleta

Para la Planta de tratamiento de Aguas Residuales domésticas de la Parroquia Tenguel, se ha elegido un filtro UV para la desinfección del efluente, la misma que funciona mediante la emisión de radiación ultra violeta en concentraciones lo suficientemente elevadas para eliminar los microorganismos.

Una desinfección eficiente del agua mediante la irradiación ultravioleta (UV) involucra la observación de diversos principios que pueden ser nuevos para los profesionales del tratamiento de agua.

La irradiación ultravioleta es un proceso de desinfección, cuyas características fundamentales lo distinguen de los procesos de desinfección química (tales como cloración). La irradiación ultravioleta se logra por medio de la inducción de cambios foto bioquímicos con los microorganismos.

Como mínimo, deben cumplirse dos condiciones para que una reacción foto bioquímica tenga lugar:

- 1) Radiación de suficiente energía para alterar los enlaces químicos.
- 2) Absorción de tal radiación por el organismo.

En el diseño de instalaciones de medianas a grandes de rayos ultravioleta, se recomienda basar el diseño sobre las características específicas y relevantes del agua residual en el sitio.

La desinfección mediante filtro con lámparas de rayos ultravioletas, es un método seguro para la persona que opera ya que no presenta ningún tipo de exposición a estos rayos, ni presenta inflamabilidad, ni problemas de explosión.

Los filtros UV no necesitan de mayores gastos de obra civil, lo cuál significa que puede haber una adaptación rápida y fácil para una ampliación. Estos filtros de lámparas UV, necesitan

una fracción del espacio de los tanques de clorinación y se puede adaptar fácilmente a estos sin mayor gasto.

Las ventajas del uso de los filtros UV son:

- No genera subproductos
- No se necesitan tanques de contacto; apenas algunos segundos son suficientes para la desinfección
- No presenta riesgos al usuario
- El mantenimiento es muy simple, pues necesita solamente un reemplazo anual de la lámpara y limpieza del tubo de cuarzo de vez en cuando. Dependiendo de la calidad del agua, la limpieza puede no ser necesaria.
- Cuando el efluente es descargado en un cuerpo acuático, el agua está prácticamente libre de contaminantes, cumple con los límites de microorganismos.

Una desinfección eficiente del agua mediante la irradiación ultravioleta (UV) involucra la observación de diversos principios que pueden ser nuevos para los profesionales del tratamiento de agua. El método presenta tanto desafíos como ventajas, ya que no deja residuos químicos en el agua de producto, pero sí requiere de un tratamiento previo para reducir los sólidos suspendidos que podrían perjudicar la transmisión de la luz ultravioleta, debido a un efecto de sombra que podría hacer que algunos contaminantes escapen de la desactivación. En determinadas longitudes de onda que producen ozono, la luz UV también ofrece propiedades de oxidación.

23. Como funciona la desinfección mediante luz ultravioleta

Microorganismo es un término amplio que incluye varios grupos de microorganismos patógenos. Son semejantes por su pequeño tamaño y simple estructura relativa. Los cinco grupos principales son: virus, bacterias, hongos, algas y protozoarios.

Si observamos una célula básica de bacteria, vemos la pared de la célula, la membrana citoplasmática y el ácido desoxiribo nucleico. El blanco principal de la desinfección mediante la luz UV es el material genético, es decir el ácido Desoxiribo nucleico.

Los microorganismos son destruidos por la radiación ultravioleta cuando la luz penetra a través de la célula y es absorbida por el ácido nucleico. La absorción de la luz ultravioleta

por el ácido desoxiribo nucleico provoca una reordenación de la información genética, lo que interfiere con la capacidad reproductora de la célula, por consiguiente, los microorganismos son inactivados por la luz UV como resultado del daño fotoquímico que sostiene el ácido desoxiribo nucleico.

Una célula que no puede ser reproducida es considerada muerta o inactiva, porque ya no se multiplicará.

Los rayos ultravioletas desinfectan sin la formación de otros subproductos, siendo este sistema un método seguro y una alternativa para la desinfección química.

La unidad propuesta tendrá cada lámpara encapsulada dentro de una carcasa de vidrio de cuarzo, la cual le permite una mayor proximidad maximizando la desinfección. Así mismo facilita el cambio de las lámparas y retiene la temperatura en los rangos óptimos.

El modelo de filtro UV se ha propuesto basados simplemente en el caudal por minuto a tratar, el equipo puede ser utilizado en interiores o exteriores ya que su carcasa esta manufacturada con polímeros resistentes a los ambientes más hostiles.

Para la determinación del modelo de la Unidad de Desinfección, se toma en consideración la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Diferentes modelos de Unidades de Desinfección determinados según el caudal.

MODELO	VOLTAJE	Promedio de flujo de agua para bacterias comunes y algas 30000 u Watts-sec/cm²	Promedio de flujo de agua para protozoarios y organismos mas grandes 90000 u watts-sec/cm²
C0D6195-STD	195	156 gpm/104 gpm	52 gpm/35 gpm
C0D6260-STD	260	183 gpm/126 gpm	61 gpm/42 gpm
C0D16390-STD	390	298 gpm/195 gpm	99 gpm/65 gpm
C0D6520-STD	520	354 gpm/254 gpm	118 gpm/85 gpm
C0D6650-STD	650	480 gpm/320 gpm	160 gpm/107 gpm
C0D6780-STD	780	573 gpm/382 gpm	191 gpm/127 gpm

C0D6910-STD	910	693 gpm/462 gpm	231 gpm/154 gpm
C0D61040-STD	1040	733 gpm/505 gpm	244 gpm/168 gpm
C0D6450-HO	450	225 gpm/199gpm	75 gpm/67 gpm
C0D6600-1-1O	600	270 gpm/310 gpm	90 gpm/103 gpm
C0D6750-HO	750	399 gpm/349 gpm	133 gpm/117 gpm
C0D61200-HO	1200	608 gpm/519 gpm	203 gpm/173 gpm
C0D61500-HO	1500	833 gpm/703 gpm	278 gpm/235 gpm
C0D81600-HO	1600	888 gpm/799 gpm	296 gpm/266 gpm
C0D82000-1-1O	2000	1217 gpm/1033 gpm	406 gpm/344 gpm

24. Canaleta Parshall (Medidor de Caudales)

El aforador de flujo crítico más conocido es la canaleta Parshall, introducida en 1920 por R. L. Parshall. Esta consta de contracción lateral que forma la garganta (W) y de una caída brusca en el fondo, en la longitud correspondiente a la garganta, seguida por un ascenso gradual coincidente con la parte divergente.

El aforo se hace con base en las alturas de aguas en la sección convergente y en la garganta, leídas por medio de piezométricos laterales.

25. Aireación y agitación del tratamiento

La aireación en los sistemas aerobios cumple tres funciones importantes (Lobos y Román, 1997):

1. Mezclar las aguas residuales con los lodos.
2. Mantener en suspensión los lodos mediante la agitación de la mezcla.
3. Suministrar el oxígeno requerido para la oxidación biológica.

Los dos métodos principales para la aireación del agua residual son la introducción de aire u oxígeno puro al agua residual mediante difusores u otros sistemas de aireación y la agitación mecánica del agua residual para promover la disolución del aire atmosférico (Metcalf y Eddy, 2003).

26. Aireación con Difusores

Un sistema de aireación con difusores está formado por difusores sumergidos en el agua residual, conducciones de aire, sopladores y otros equipos auxiliares por donde circula el aire (Metcalf y Eddy, 2003).

Los difusores se clasifican en dos tipologías, los difusores de burbujas finas y los difusores de burbujas gruesas. Cabe destacar que con los primeros se consiguen mayores eficiencias de transferencia de oxígeno. Asimismo, los difusores se pueden clasificar de acuerdo a sus características físicas en difusores porosos o de poros finos y en difusores no porosos.

Además existen otros sistemas de difusión, tales como difusores de chorro, aireadores por aspiración y aireadores de tubo en U (Metcalf y Eddy, 2003).

Estos equipos están restringidos por la eficiencia de transferencia de oxígeno, ya que esta se ve limitada por la profundidad. Esto se debe a que no existe un mezclado vertical, solo es horizontal, lo cual así mismo, puede generar zonas muertas en el sistema, vale decir zonas donde no se reciba la cantidad de oxígeno necesaria. Lo antes mencionado puede provocar un mezclado pobre, produciendo la acumulación del lodo, por lo que en ciertos casos se puede requerir mezcladores adicionales, lo cual depende de la configuración del tanque o laguna.

El mantenimiento necesario para este tipo de sistema de aireación es complejo, ya que puede ser necesario vaciar la unidad, lo cual aumenta los costos de mantenimiento. Además las cañerías y los difusores pueden dañarse con el tiempo, lo que puede afectar la eficiencia de transferencia de oxígeno.

Con los difusores se genera una gran cantidad de ruido debido a los sopladores, por lo cual es necesario instalar una caseta que cubra los sopladores y que minimice la cantidad de ruido generado.

27. Aireadores Mecánicos

Los aireadores mecánicos se suelen clasificar en dos grupos: aireadores de eje vertical y aireadores de eje horizontal. Ambos grupos se subdividen en aireadores superficiales y

aireadores sumergidos. En los aireadores superficiales y sumergidos el oxígeno se obtiene de la atmósfera. Sin embargo, en algunas ocasiones en los aireadores sumergidos el oxígeno se obtiene a partir de aire u oxígeno puro que se introduce por la parte inferior del estanque. En ambos casos la acción agitadora y de bombeo de los aireadores contribuye a mantener mezclado el contenido del tanque de aireación (Metcalf y Eddy, 2003).

A continuación se presenta una descripción más detallada de los aireadores superficiales y sumergidos.

28. Aireadores de Superficie

Son rotores sumergidos total o parcialmente en el líquido, montados en el centro. El aire se absorbe por contacto superficial y mediante las gotas que se lanzan al aire gracias al mecanismo de paletas. Presentan menor costo de instalación, pero su operación es más cara en relación al sistema de difusión por aire. Los aireadores superficiales pueden ser de alta o baja velocidad, según la velocidad de rotación del rotor, con un rango de 20 a 120 rpm. Los sistemas de baja velocidad son preferidos en sistemas convencionales de fangos activados (Pandelara y Román, 1997).

Estos equipos no están restringidos por la eficiencia de transferencia de oxígeno, por lo que pueden trabajar con diferentes configuraciones y profundidades. Esto se debe a que se produce un mezclamiento horizontal y disperso, por lo que no se generan zonas muertas en el sistema y además puede generar varios tipos de mezclamiento, dependiendo de las necesidades de la planta.

Estos equipos tienen bajo costo de instalación y el mantenimiento necesario para este tipo de sistema de aireación es simple, el cual se puede realizar sin necesidad de apagar la planta.

Este tipo de sopladores, genera una baja cantidad de ruido, el cual llega a 48 decibeles, lo que permite que estos puedan ser instalados al aire libre, vale decir, sin ningún tipo de aislamiento contra ruido.

29. Aireadores Sumergidos o de Turbina

Son de flujo ascendente y los mecanismos implicados son la agitación superficial y el arrastre de aire hacia el líquido. La turbina consta de un rotor cuyo núcleo es de forma tronco-cónica con aspas fijas, inclinadas y deflectores intercalados sobre la base superior del núcleo. Este tipo de aireadores requiere una potencia estimada de 2 a 4 HP/100m³ para lograr un régimen de mezcla completa (Pandelara y Román, 1997).

30. Elección del sistema de aireación

Basándose en todo lo expuesto sobre los sistemas de aireación y tomando en cuenta las características del afluente, el sistema de aireación elegido para el presente proyecto son los aireadores superficiales, ya que con estos se alcanza una correcta aireación y difusión del oxígeno. Esto se debe a que la laguna tiene una forma ovalada, por lo que poniendo aireadores en serie se logra una buena aireación y agitación, evitando la generación de zonas muertas en la laguna.

Otro factor importante para la elección de este tipo de aireadores, es la baja generación de ruido, ya que estos producen 48 decibeles. Así mismo, la cantidad de ruido producido por los aireadores esta dentro de los límites permitidos para generación de ruido en áreas de vivienda, el cual corresponde a 65 decibeles.

Además de lo anterior, es importante destacar que estos aireadores tienen un bajo costo de instalación, ya que esta es sencilla, lo cual permite a su vez, que sean fácilmente desmontables a la hora de realizar el mantenimiento respectivo.

Así mismo, estos equipos necesitan un mantenimiento sencillo, para el cual se necesita poco tiempo y puede realizarse sin necesidad de apagar la planta ni de vaciarla, a diferencia de los difusores.

Así mismo, se han elegido difusores de aire para el digestor de lodos y el ecualizador, ya que en estas dos unidades no se requiere un flujo de aire continuo, debido a que las exigencias de aireación son fácilmente suplidas por estos. Además, la geometría de estas unidades hace que los difusores satisfagan de manera adecuada la distribución del aire requerido. Adicional a lo anterior los sopladores consumen menos energía, con lo cual los costos de funcionamiento serán reducidos.

Todas estas consideraciones son importantes para el buen funcionamiento de la planta de tratamiento, y en base a estos criterios se eligió el sistema de aireación.

31. Elección del Sistema para Tratamiento de Lodos Digeridos

En el presente proyecto se ha seleccionado un lecho de secado como alternativa para deshidratar los lodos provenientes del digestor aeróbico. A continuación se presenta información técnica de diferentes sistemas para el tratamiento de lodos, con el fin de hacer una comparación entre el sistema elegido con respecto a los demás.

32. Lecho de Secado

Los lechos de secado son el método de deshidratación de lodos más empleado; se suelen utilizar para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez que éstos han sido retirados del digestor aeróbico previa succión del sobrenadante, el cual es dirigido a la laguna de aireación, los lodos se extienden sobre el lecho de arena, en capas entre 20 y 30 cm., y se deja secar.

Una vez secos, los lodos son retirados y evacuados a vertederos controlados o son utilizados como abono. Las principales ventajas son su bajo costo, el escaso mantenimiento, condiciones climáticas favorables para máxima evaporación y el elevado contenido en sólidos del producto final. Se utilizan cuatro tipos:

- 1) convencionales de arena
- 2) pavimentadas
- 3) de medio artificial
- 4) por vacío.

33. Centrifugación

La deshidratación por medio de centrifugas ha tenido desenvolvimiento en los últimos años, gracias a la evolución de los equipos y materiales, las facilidades de operación, y la obtención de una torta seca con cerca de 65 a 75% de humedad. Las centrifugas son

equipos que se alimentan de forma intermitente, y consisten en recipientes concéntricos donde el recipiente interior está formado por una malla que deja pasar el agua pero retiene los sólidos, el agua que pasa se recolecta en el exterior y se saca del sistema por medio de tuberías. La separación es lograda por la fuerza centrífuga, ya que los recipientes se encuentran girando a alta velocidad, proyectando los sólidos contra la malla.

34. Deshidratador

El proceso de deshidratación se lleva a cabo por calor externo en una cámara de acero inoxidable, por medio de electricidad, gas o vapor, cualquiera de estas fuentes disponibles en las instalaciones. Aspas de acero inoxidable mantienen en movimiento constante los sólidos para permitir la eficiente remoción de la humedad. Recircula una corriente de aire precalentado a la cámara para remover la carga de humedad generada. Cuenta con un control de temperatura tanto interno como a la salida de vapores, lo que controlara de forma eficiente el suministro de energía y un temporizador el que controla la duración del ciclo. La temperatura de operación normal es entre 120°C y 180°C. La cualidad de ser un secado indirecto le permite manejar una gran cantidad de diferentes tipos de lodos.

35. Filtración al vacío

La Filtración se define como la remoción de sólidos de una suspensión al pasarla a través de un medio poroso que retiene sólidos³. El filtro al vacío consta principalmente de un tambor cilíndrico que rota, parcialmente sumergido en una cubeta de lodo acondicionado. El vacío aplicado a la sección sumergida del tambor permite que el filtrado pase a través del medio y se forme una torta sobre el medio.

El rendimiento del filtro depende del tipo y edad del lodo, del proceso en que ha sido generado, del medio filtrante elegido y de la temperatura del lodo de alimentación. El contenido de sólidos del lodo es muy importante: el óptimo está entre el 8 y el 10%. El acondicionamiento químico previo es aconsejable.

³ ROMERO ROJAS JAIRO ALBERTO, Tratamiento de Aguas Residuales teoría y principios de diseño, 3ª Edición, EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, 2005.

36. Filtros de presión de Banda

La ventaja principal entre los de presión y los de vacío es que se obtiene una torta más seca, lo cual es más ventajoso si posteriormente se piensa incinerar los lodos.

Los filtros de presión de banda son equipos que emplean una correa doble para desaguar continuamente los lodos mediante un sistema de drenaje por gravedad y de compresión. El proceso consta básicamente de tres etapas operacionales: acondicionamiento químico del lodo, desaguado por gravedad hasta obtener consistencia no fluida y compactación del lodo en una zona de corte y presión.

Para que el filtro de banda tenga un buen rendimiento, esto varía en función del método de acondicionamiento del lodo, de la presión desarrollada, de la configuración del filtro, de la velocidad de la banda y de la tasa y tipo de aplicación del lodo. Un filtro de banda produce tortas con 18 a 25% de sólidos para lodos primarios combinados con lodos secundarios.

37. Filtro Prensa

Un filtro prensa consiste en un conjunto de placas verticales, revestidas por un tejido filtrante. La operación de secado por filtro prensa tiene la siguiente secuencia:

- El lodo previamente acondicionado es bombeado al interior del filtro prensa, a presiones entre 700 y 2100 kPa.
- La parte líquida es forzada a salir por el lecho filtrante, siendo recogida por orificios de drenaje, formando un filtrado que retorna al inicio del tratamiento, y dejando una torta de sólidos retenida entre las telas de filtración que cubren las placas huecas.
- Finalmente el operador puede accionar el mecanismo de abertura de las placas, y la torta cae por gravedad sobre un sistema transportador o de almacenamiento del lodo seco.

Aunque es un equipo de gran eficiencia en deshidratación, es un sistema costoso, y requiere de un lodo bien acondicionado.

38. Razones para elegir el Sistema de Lecho de Secado.

Para el presente proyecto se selecciono un lecho de secado debido a sus múltiples ventajas que presenta sobre el resto de alternativas. Entre estas se encuentran las siguientes:

- Su bajo costo, referente a que no necesita consumo de energía.
- Su operación y mantenimiento son sencillos comparado con los otros sistemas.
- No requiere del uso de equipos mecánicos para su funcionamiento.
- No es necesario el uso de químicos.
- No es sensible si se presentan cambios en las características del lodo.
- Tiene un bajo costo de instalación y de mantenimiento, en relación con los otros sistemas.

Como referencia a lo que se ha expuesto, presentamos la siguiente tabla, la cual resume la comparación del lecho de secado con el resto de alternativas para el tratamiento de lodos.

Tabla 4.2. Variables de Comparación entre Sistemas de Secado de Lodos.

PROCESO	CONSUMO DE ENERGIA	REQUIERE EQUIPOS MECANICOS	COMPLEGIDAD DE OPERACIÓN	USO DE QUÍMICOS	PUEDE RECIBIR LODOS CON DIFERENTES CARACTERÍSTICAS ⁴	COSTO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO
LECHO DE SECADO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
CENTRIFUGACIÓN	SI	SI	SI	SI	NO	SI
DESHIDRATADOR	SI	SI	SI	SI	NO	SI
FILTRACIÓN AL VACÍO	SI	SI	SI	SI	NO	SI
FILTRO DE PRESIÓN DE BANDA	SI	SI	SI	SI	NO	SI

⁴ Las características de los lodos varían si estos provienen directamente de la laguna de aireación, o del digestor de lodos, ya que en el digestor estos lodos son estabilizados.

FILTRO PRENSA	SI	SI	SI	SI	NO	SI
----------------------	----	----	----	----	----	----

39. Criterios a utilizar en el diseño de la planta de tratamiento

Para poder realizar el diseño de la planta de tratamiento, fue necesario realizar las siguientes estimaciones:

- La estabilización de los residuos por parte de los microorganismos se produce solamente en la laguna aireada.
- El volumen utilizado al calcular el tiempo medio de retención celular del sistema sólo incluye el volumen del reactor principal.
- Considerar como **guía referencial** los parámetros estándar de aguas residuales domésticas, según la tabla presentada a continuación:

Tabla 4.3. Composición típica del agua residual doméstica cruda.

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos Totales (ST)	mg/l	390	720	1230
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	270	500	860
Fijos	mg/l	160	300	520
Volátiles	mg/l	110	200	340
Sólidos en Suspensión (SS)	mg/l	120	210	400
Fijos	mg/l	25	50	85
Volátiles	mg/l	95	160	315
Sólidos Sedimentables	mg/l	5	10	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅ , 20°C)	mg/l	110	190	350
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/l	80	140	260
Demanda química de Oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	800
Nitrógeno (Total en la forma N)	mg/l	20	40	70
Orgánico	mg/l	8	15	25
Amoniacal libre	mg/l	12	25	45
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	7	12
Orgánico	mg/l	1	2	4
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros	mg/l	30	50	90
Sulfato	mg/l	20	30	50
Aceites y Grasas	mg/l	50	90	100
Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)	mg/l	<100	100-400	>400
Coliformes Totales	Nº/100ml	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ¹⁰
Coliformes Fecales	Nº/100ml	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸

Fuente: Tabla 3-15, Composición típica del agua residual doméstica cruda, Metcalf & Eddy, 2003, pp. 186.

- De acuerdo a la tabla 4.4, para poder realizar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia Rural Tenguel, considerando un afluente cercano a una concentración fuerte, se estimó un valor de carga orgánica (DBO₅) de 300 mg/l. Además, se tomó en consideración las características del agua residual de urbanizaciones similares en el sector.

Tabla 4.4. Composición del agua residual doméstica cruda estimada para Tenguel

CONTAMINANTES	UNIDADES	CONCENTRACIÓN MEDIA
Sólidos Totales (ST)	mg/l	720
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	500
Sólidos en Suspensión (SS)	mg/l	300
Sólidos Sedimentables	mg/l	10
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO _{5,20°C})	mg/l	300
Demanda química de Oxígeno(DQO)	mg/l	550
Nitrógeno (Total en la forma N)	mg/l	50
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	8
Cloruros	mg/l	50
Sulfato	mg/l	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	100
Grasa	mg/l	100
Coliformes Totales	n°/100ml	10 ⁷ -10 ⁸

* Relación DQO/DBO entre 1.2 y 2.5 (Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de diseño)

* Relación DQO/DBO entre 1.7 y 2.5 (Pacheco – Arruda, Tratamiento de Esgotos Domésticos)

- Así mismo se asumió que el agua contiene todos los nutrientes necesario para el correcto crecimiento de los microorganismos, tales como sales minerales, metales, ente otros.

El sistema de fangos activados tiene diferentes parámetros de control que se deben considerar durante el diseño, dentro de los cuales cabe mencionar la razón F/M, el tiempo de retención de sólidos (θ_c), el tiempo de retención hidráulico (TRH) y la carga volumétrica (CV) (Metcalf y Eddy, 2003). En la tabla 4.3 se presentan los principales parámetros de diseño para los procesos de fangos activados.

Tabla 4.5. Parámetros de diseño para los procesos de fangos activados (Cuadro Resumen) (Metcalf & Eddy, 2003).

MODIFICACIÓN DEL PROCESO	θ_c (d)	F/M $\left(\frac{\text{Kg-DBO}_5}{\text{Kg-SSVLM} \cdot \text{d}}\right)$	CV $\left(\frac{\text{Kg-DBO}_5}{\text{m}^3 \cdot \text{d}}\right)$	SSLM $\left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)$	TRH (h)	Tasa de Recirculación
Convencional	3-15	0,20-0,40	0,30-0,70	1000-3000	4-8	0,25-0,75
Reactor mezcla completa	3-15	0,20-0,60	0,30-1,60	1500-4000	3-5	0,25-1,00
Alimentación escalonada	3-15	0,20-0,40	0,70-1,00	1500-4000	3-5	0,25-0,75

Estabilización por Contacto	5-10	0,20-0,60	1,00-1,30	1000-3000 ^a 6000-10000 ^b	0,5-1,0 ^a 2-4 ^b	0,50-1,50
Aireación prolongada	20-40	0,04-0,10	0,10-0,30	2000-5000	20-30	0,50-1,50
Zanja de Oxidación	15-30	0,04-0,10	0,10-0,30	3000-5000	15-30	0,75-1,50
Sistema de oxígeno puro	1-4	0,50-1,00	1,30-3,20	2000-5000	1-3	0,25-0,50

^a Unidad de contacto; ^b Unidad de estabilización de sólidos

Fuente: Metcalf & Eddy, 2003

40. Elección del sistema de Tratamiento.

El sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STARD) de la Parroquia Rural Tenguel, esta conformado por diferentes módulos o unidades de procesos en los que se desarrollan actividades biológicas y físicas. Cada modulo cumple una función específica en el tratamiento del agua residual. El conjunto de estos constituye todo el sistema de tratamiento de las aguas.

El sistema de tratamiento elegido, es el sistema de tratamiento de lodos activados en la modalidad de Zanja de Oxidación, como óvalos integrados. Esta modalidad es similar al de fangos activados convencional excepto en que opera durante la fase de respiración endógena de la curva de crecimiento. Esto precisa una carga orgánica reducida y un largo período de aireación, lo que trae consigo el aumento de los tiempos de retención hidráulicos y la disminución de los lodos producidos (Metcalf y Eddy, 2003).

La zanja de oxidación es un proceso flexible, lo que permite la fluctuación de cargas orgánicas, sin verse afectado el tratamiento microbiológico. Otro punto importante en la elección de este sistema es el porcentaje de remoción de materia orgánica (DBO₅) que se logra, el cual fluctúa entre el 75% y el 95% (Metcalf & Eddy, 2003), con lo que se cumple con la norma Ecuatoriana para el tratamiento de aguas residuales.

Un factor importante que es necesario considerar corresponde al espacio disponible para la instalación de la planta de tratamiento, ya que éste es limitado. Este sistema se ajusta a dicho requerimiento, ya que tres de las unidades de tratamiento (equalizador, clarificador y digestor) se encuentran dentro de la laguna de aireación., Esto reduce el área ocupada por todo el sistema de tratamiento.

Un último factor importante a considerar es la tecnología existente en el país, ya que los equipos necesarios para este tipo de sistemas son más fáciles de conseguir en Ecuador, así como también los repuestos y el mantenimiento de éstos.

Según lo especificado en el Texto Unificado de Legislación Ambiental, se recomienda el uso de sistemas modulares para evitar la falta absoluta del sistema en caso de mantenimiento o fallas de las unidades:

"4.2.1.6 Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento"

Para el presente proyecto se ha elegido un sistema depurador de aguas, que permita ser bastante flexible al momento de cerrar alguno de los módulos a causa de eventos fortuitos o de mantenimiento. Los módulos en los que se realizan los procesos biológicos pueden remplazarse mutuamente de ser necesario. Estos tienen en común el suministro de aire que es esencial para la actividad microbiana en cada uno. Más adelante se presenta el modo en que funcionará el STARD si una de sus unidades es cerrada para mantenimiento o reparación.

En el caso de la limpieza y mantenimiento de las lagunas, ésta se realizaría por partes:

- El mantenimiento de la laguna aireada consiste en lavar los lodos de los bordes con agua y retirar materiales flotantes de la superficie con una malla, en especial en el área del baffle de entrada al clarificador. Por esto no sería necesario retirar el agua de la misma, es decir que durante el mantenimiento el sistema continua funcionando.
- El mantenimiento del ecualizador es sencillo, rápido y no involucra complicaciones para el sistema, consiste en limpiar manualmente los lodos acumulados en el baffle de salida hacia la laguna aireada. En caso de que se observe el mal funcionamiento de un difusor, simplemente se retira la tubería bajante que viene de los blowers y se cambia el difusor en mal estado por otro, lo cual no toma mucho tiempo y no afecta el funcionamiento normal del sistema.
- En el clarificador el mantenimiento consiste en limpiar las canastillas que conforman las bombas de vacío, lo cual se realiza retirando la tubería bajante que viene de los blowers. En caso de mal funcionamiento del modulo se observarán lodos flotando, los cuales deberán ser retirados manualmente, y se deberán limpiar las canastillas como se indicó.
- El digester de lodos será vaciado una vez alcanzado el 50% de reducción de sólidos suspendidos volátiles, luego de esto se deberá limpiar el interior del digester, lo cual no

interfiere con el funcionamiento del sistema, ya que los lodos del clarificador serán recirculados a la laguna aireada hasta que alcancen una edad en la que deban ser dirigidos al digestor para su disposición final en un lecho de secado y de allí pasarán a ser parte del relleno sanitario cumpliendo con los requisitos de humedad del mismo.

- En cuanto a los aireadores el mantenimiento de éstos es fácil y no afecta el funcionamiento del sistema. En la sección anexos del estudio se encuentra el manual de operación y mantenimiento de los aireadores, facilitado por los proveedores de los equipos.

El sistema propuesto es de fácil operación, vigilancia y monitoreo. El mantenimiento y limpieza de los módulos que lo conforman es más sencillo, ya que el sistema no necesita ser apagado por completo. Para dar mantenimiento a cada equipo, solo se apaga o retira el equipo a ser revisado o arreglado.

Dependiendo del tipo de proceso de lodo activado que se aplique para el tratamiento de las aguas, se escoge el tipo de reactor para el sistema. En condiciones normales el presente sistema de tratamiento corresponde al tipo de zanja de oxidación con un proceso de aireación extendida.

41. Sistema de Tratamiento Modular

La zanja de oxidación utiliza un canal cerrado, con dos curvas, para la aireación y mezcla. Como equipo de aireación y circulación del licor mezclado usa aireadores mecánicos en cada canal. Estos tienen como función suministrar suficiente velocidad dentro de la zanja y mantener una adecuada concentración de oxígeno disuelto.

Dependiendo del tipo de reactor, existen diferentes procesos de parámetro biológico que se deben mantener durante la operación del STAR. Al existir el reemplazo de ciertas unidades de procesos aerobios por otras, se realizan también cambios en el tipo de reactor utilizado. Cada reactor tiene como parte de sus características principales el tiempo de retención hidráulico y la carga orgánica volumétrica.

En el presente proyecto se plantea utilizar el ecualizador como unidad principal de tratamiento secundario, cuando la laguna aireada sea aislada para efectos de reparación o mantenimiento en su estructura. Durante el reemplazo de la laguna de aireación, el digestor aeróbico seguirá cumpliendo con sus funciones normales y los tiempos de retención hidráulica en el ecualizador serán menores a los del normal funcionamiento. Cuando esto

sucediera el sistema de tratamiento estará funcionando con un reactor de mezcla completa. Esto se explica más adelante cuando se analiza el cierre de la laguna aireada.

Es importante resaltar que el aislamiento de las unidades solo es necesario si llegase a ocurrir un fallo en las estructuras de estas, ya que en lo que se refiere a los equipos, estos podrán ser reemplazados inmediatamente. La empresa Codemet que es proveedora de los equipos, garantiza el stock permanente de estos. Esta garantía se encuentra en la sección anexos del estudio.

Cuando todas las unidades en las que se realiza el proceso aeróbico y de sedimentación están funcionando regularmente, el diagrama de flujos del agua es el siguiente:

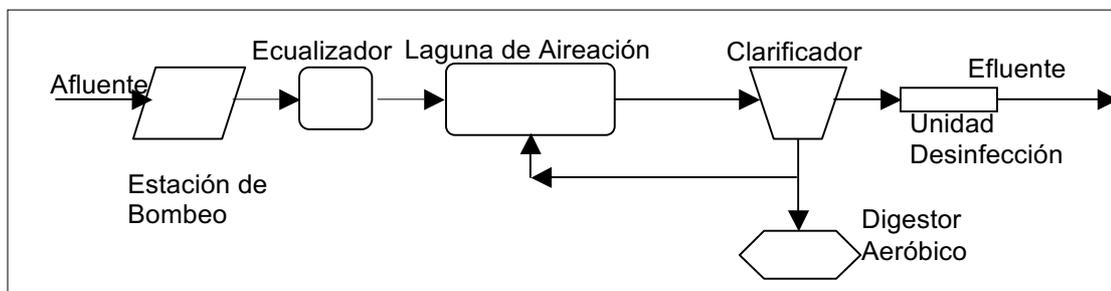


Figura 4.4. Diagrama de Procesos cuando el STAR funciona de forma regular

El afluente conformado por agua residual cruda recibe un tratamiento primario con rejillas que se encuentran en la estación de bombeo. En esta quedan retenidos los sólidos gruesos que pudiesen encontrarse en el agua residual. Posteriormente el agua es impulsada por la estación de bombeo hacia el ecualizador, el cual va a recibir los flujos picos que se generen durante el día e iniciar el proceso aeróbico. La laguna de aireación recibe el agua proveniente del ecualizador y realiza el tratamiento secundario. Finalmente el agua de la laguna de aireación prosigue su paso hacia el clarificador para realizar la sedimentación de los flóculos (lodos) formados durante el tratamiento secundario. Los lodos sedimentados son recirculados hacia la laguna de aireación durante el normal funcionamiento, pero cuando se requiere desalojarlos del sistema, son conducidos hacia el digestor aeróbico.

A continuación se analizan los diferentes escenarios y procedimientos a seguir en caso de que alguna de las unidades presentadas en la Figura 4.4

42. Cierre del Ecuador

El ecualizador es una unidad que sirve para absorber los flujos picos y permitir que los microorganismos que se encuentren en la laguna de aireación no sean afectados por estos. Sin embargo, un sistema de tratamiento puede funcionar sin ecualizador, tales son los casos de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector I de Valle Alto y otros sistemas de ciertas Urbanizaciones en la zona de Samborondón. Durante el cierre del ecualizador los parámetros de funcionamiento del STAR seguirán siendo los mismos de zanja de oxidación. Los lodos recirculados del clarificador serán devueltos a la laguna de aireación o almacenados en el digestor aeróbico cuando se lo requiera. La figura ilustra el funcionamiento del sistema de tratamiento sin ecualizador.

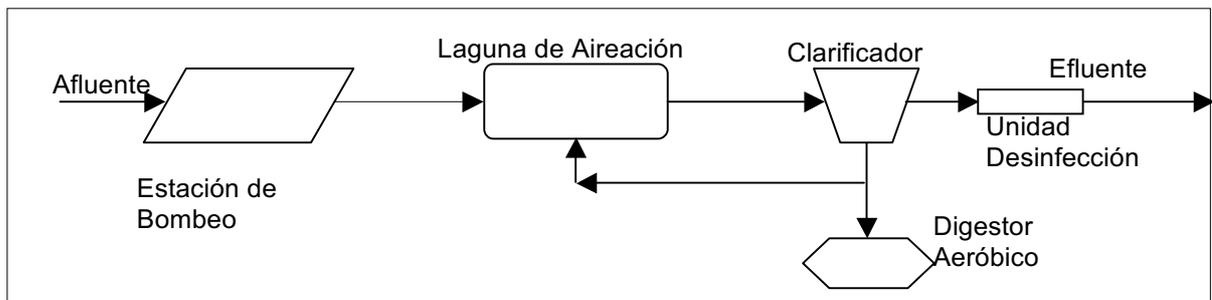


Figura 4.5. Diagrama de Procesos cuando el STAR funciona sin ecualizador

En caso de que se requiera realizar mantenimiento o reparaciones en la estructura del ecualizador, este puede ser quitado de la línea secuencial de procesos de la siguiente manera:

- Cerrar la comunicación del ecualizador con la laguna de aireación, poniendo tapones roscables en las dos pasantes de 6 pulgadas que comunican con la laguna de aireación.
- La tubería de impulsión proveniente de la estación de bombeo contiene una válvula que al ser cerrada impide la descarga del agua en el ecualizador. También, por medio de otra válvula ubicada en esta misma línea de impulsión, el agua es redireccionada y descargada directamente en la laguna aireada.
- Las válvulas del retorno de lodos y de skimmers que van al ecualizador debe permanecer cerradas. Éstas sólo se abrirán cuando el ecualizador esté reemplazando a la laguna de aireación.

- d. Los tapones roscables que impiden la comunicación del ecualizador con el clarificador y los de las pasantes que sirven de rebose hacia la laguna aireada, deben estar colocados.
- e. Las válvulas de control que alimentan de aire a cada bajante con los difusores deben ser cerradas completamente.
- f. En la operación emergente el agua que se encuentra en esta unidad de proceso (347.69 m³), debe ser enviada totalmente a la laguna aireada utilizando 1 bomba manual de 5 HP con caudal de 24.14 l/seg., en un periodo estimado de 4 horas. Es importante no dejar restos de agua en esta unidad, ya que podría causar malos olores.

De este modo, el ecualizador queda totalmente aislado del proceso de tratamiento y libre para recibir cualquier tipo de reparación o mantenimiento.

El ecualizador es una unidad que ayuda a controlar las altas cargas hidráulicas y orgánicas en el tratamiento secundario. Este facilita y ayuda a mantener una relación alimento/microorganismos (A/M) estable. Sin embargo existen Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales que funcionan sin ecualizador. En estos casos la unidad en la que se realiza el tratamiento secundario pasaría a recibir las cargas hidráulicas y orgánicas pico. Esto afecta la relación alimento/microorganismo, por consiguiente durante este tiempo el operador del sistema de tratamiento deberá aplicar un seguimiento más estricto del parámetro A/M. Los mecanismos de control del parámetro A/M son los que se realizan normalmente en un sistema de lodos activos; estos se encuentran descritos en el Manual de Operación y Mantenimiento del presente estudio.

No existe un límite de tiempo para que funcione el sistema con el Ecualizador cerrado, sin embargo en caso de requerirse realizar reparaciones, se recomienda realizar estas con prontitud, ya que lo más óptimo es tener a todo el STARD funcionando con sus unidades de forma completa. El ecualizador puede estar cerrado por el tiempo que se desee, ya que el tratamiento de aguas negras se realiza mayormente en la laguna de aireación.

El tiempo de retención de la laguna aireada será de 19.84 horas durante los caudales picos y de 27.77 horas cuando se reciben caudales promedios, valores que se encuentran dentro del rango de los parámetros permitidos. Estos tiempos fueron calculados tomando como base el volumen útil de la laguna de aireación con los caudales afluentes medio y máximo.

El control para la operación y mantenimiento de STARD durante el cierre del ecualizador, es el mismo que se realizaría en el caso que todas las unidades estarían funcionando correctamente. Especial énfasis se deberá prestar a la relación alimento/microorganismo, ya que los flujos picos aumentarán la carga de DBO₅ y por ende también se necesitará una mayor masa de SSVLM. Los procedimientos para el correcto control del sistema son los que se ilustran en el manual de operación y mantenimiento del estudio.

Para habilitar nuevamente el ecualizador, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Cerrar la válvula de la línea de impulsión (estación de bombeo) que descarga el agua residual en la laguna de aireación.
2. Abrir la válvula que permite la descarga del agua residual en el ecualizador.
3. Sacar los tapones roscables ubicados en las pasantes dentro del área limitada por el baffle, que permiten la comunicación del ecualizador con la laguna de aireación. Y mantener cerradas las pasantes que servirían de rebose hacia la laguna aireada.
4. Abrir las llaves de control que permiten la alimentación de aire a cada bajante con los difusores.
5. Los tapones roscables que están puestos en las dos tuberías que comunican al ecualizador con el clarificador deben estar puestos todo el tiempo. Estos solo serán quitados cuando la laguna de aireación sea aislada del tratamiento.

Cierre de la Laguna Aireada

En la laguna aireada se realiza el tratamiento secundario de las aguas residuales. La geometría, configuración y tiempo de retención hidráulico de esta unidad de proceso le dan al sistema la categoría de zanja de oxidación con aireación extendida⁵.

Esta unidad de proceso puede ser remplazada por el ecualizador en caso de requerirse realizar reparaciones en su estructura física. Durante el reemplazo de la laguna de aireación el STAR funcionara como un proceso de mezcla completa es decir ya no estará en modalidad de zanja de oxidación.

El proceso de lodos activados de mezcla completa presenta un reactor ideal en el cual el afluente es mezclado instantánea y completamente con el contenido del reactor.

La carga orgánica volumétrica del reactor en mezcla completa será mayor al establecido para el proceso de aireación extendida, pero el tiempo de retención hidráulico será menor. Esto se debe al volumen del ecualizador.

La figura muestra el diagrama de procesos cuando la laguna de aireación es cerrada.

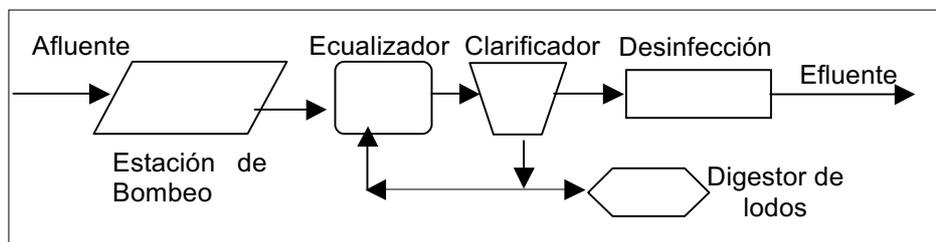


Figura 4.6. Diagrama de Procesos cuando el STAR funciona sin laguna de aireación.

Para aislar la laguna de aireación de la línea secuencial de tratamiento, la conexión del ecualizador con la laguna de aireación debe ser cerrada. Esto se logra colocando tapones roscables en las pasantes que comunican a estas dos unidades. Adicionalmente se debe quitar el tapón roscable de la tubería que comunica el ecualizador con el clarificador.

La conexión del clarificador con la laguna de aireación debe ser cerrada colocando tapones roscables en las pasantes de 6 pulgadas.

⁵ Tomado del libro *Esgoto Sanitario Coleta Transporte Tratamiento e Reuso Agrícola*. 1ª Edición. Brasil. 2003.

La llave de control que conduce los lodos del clarificador a la laguna de aireación deberá ser cerrada; por otro lado la llave de control que permite la descarga de los lodos en el equalizador tendrá que ser abierta. De igual manera se debe realizar con las llaves de control de los skimmers.

Los procedimientos de operación y mantenimiento durante el reemplazo de la laguna de aireación, deberán ser los que se muestran en el manual de operación y mantenimiento. Estos son iguales a los que se siguen cuando el STAR está funcionando de manera normal con todas sus unidades.

El sistema puede funcionar como un reactor de mezcla completa por el tiempo que se desee. Sin embargo, es muy importante resaltar que la laguna de aireación deberá ser habilitada lo más pronto posible, ya que para el presente proyecto se ha elegido un sistema en proceso de aireación extendida, debido a los largos períodos de aireación y tiempos de retención hidráulico que este presenta. Estas características convierten a la zanja de oxidación en el sistema más idóneo para tratar los volúmenes de agua residual que generará la urbanización.

Cuando se requiere desalojar el agua de laguna aireada, el volumen de 1405.46 m³ de agua residual contenida en dicha unidad será conducida al lecho de secado en un período de 10 horas, con 2 bombas manuales de agua residual de 5 HP, que transportarán un caudal de 39.04 l/s.

43. Cierre del Clarificador

El clarificador sea de 2 o 4 conos están dotados de suficiente cantidad de bombas de lodos y skimmers como para realizar el trabajo mientras algunos de ellos están en mantenimiento. Por ser sistema de elevación por aire que trabaja por diferencia de presión atmosférica no tienen piezas móviles que estén sujetas a desgastes, el único problema que se podría presentar (y cuyas probabilidades son bajísimas), es el de un taponamiento en algunos de estos equipos debido a una elevada concentración de lodos acumulados en esa parte del clarificador, el procedimiento es sencillo se cierran las válvulas de aire de todos los sistemas menos del que se encuentra tapado, incrementándose de 4 a 8 veces la succión, esto da como resultado que el sistema se destape. No es necesario vaciar el sistema para realizar ningún mantenimiento.

Según las Normas Internacionales, y la literatura empleada sobre Tratamiento de Aguas Residuales, no existe ninguna alternativa en la cual se tenga que implementar una unidad de Clarificación adicional a las ya implantadas en el caso de alguna falla de las demás. Pese a lo investigado, para el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia Rural Tenguel, hemos contemplado implementar una unidad de lecho de secado, la misma que tendrá como función, además de filtrar el agua de los lodos provenientes del digestor aeróbico, recibir el agua proveniente del bombeo de la laguna de aireación, sólo en casos de haber fallas en el clarificador.

En caso de suscitarse alguna emergencia y sea necesario parar la circulación del agua hacia el clarificador, esto puede realizarse colocando tapones roscables en las pasantes que comunican a la laguna de aireación con este. Tanto el ecualizador como la laguna de aireación tienen un borde libre de 45 cm., el cual si es reducido a 10 cm. Una vez alcanzado este nivel, el agua de la laguna de aireación será conducida por medio de un rebosadero hacia el lecho de secado, donde el agua se filtrará debido a las diferentes capas del medio filtrante reteniendo los sólidos suspendidos generados durante el tratamiento secundario. Adicionalmente el lecho de secado tiene un rebose de emergencia que guiará hacia el sistema de aguas lluvias al agua que no alcance a filtrarse.

En caso de que se requiera vaciar el clarificador, será necesario conducir el agua residual de la unidad (251.89 m³) hacia la laguna aireada, proceso que se ha estipulado realizarlo en 2 horas, con 2 bombas manuales de 5 HP, que transportarán un caudal de 34.99 l/s.

44. Cierre del Digestor Aeróbico

La unidad del sistema correspondiente al digestor aeróbico en general no necesita mayor mantenimiento que el de retirar el material flotante de su superficie. Pero en caso de requerirse un mantenimiento a la estructura de hormigón debido a fisuras o resquebrajamiento de la misma, se utilizará el ecualizador para reemplazar el digestor. Para esto se deberá vaciar la unidad siguiendo el siguiente procedimiento que permitirá realizar el respectivo trabajo de reparación:

1. Cerrar la válvula que permite la descarga proveniente de la estación de bombeo al ecualizador, y dirigir el flujo a la laguna aireada.
2. Cerrar las válvulas de las tuberías de aire que alimentan las bajantes del ecualizador y del digestor de lodos.
3. Cerrar la válvula que permite el retorno de lodos al digestor en caso de purga.

4. Mantener cerradas las válvulas que permiten el retorno de líquidos y sobrenadantes provenientes del clarificador al ecualizador.
5. Aislar el ecualizador del sistema, colocando los tapones rosca en la comunicación con la laguna aireada
6. Vaciar el ecualizador, enviando el agua a la laguna aireada con 1 bomba manual a diesel o gasolina de 5 HP, por 4 horas.
7. Inmediatamente se procederá a vaciar el digestor de lodos, enviando los lodos del digestor al ecualizador, este último funcionará como un digestor de lodos auxiliar. Los lodos serán enviados con 1 bomba de lodo manual a gasolina o diesel, de 5 HP por un periodo de 4 horas.
8. Abrir la válvula que permite el retorno de lodos al ecualizador en casos de purga.
9. Sacar los tapones de las pasantes que permiten el rebose del sobrenadante cuando el ecualizador reemplaza al digestor.
10. Abrir las válvulas de las tuberías de aire que alimentan las bajantes del ecualizador.
11. Apuntalar el digestor de lodos para evitar que las paredes sufran daños estructurales.
12. Limpiar el digestor de lodos, para poder proceder con la reparación respectiva.
13. Una vez reparado el digestor, se deberá retirar los apuntalamientos, cerrar las válvulas que suministran aire al ecualizador y proceder a trasladar los lodos del ecualizador al digestor con 1 bomba de lodos manual a diesel o gasolina de 5 HP.
14. Abrir las válvulas de suministro de aire del digestor.
15. Retirar los tapones roscables que conectan la laguna aireada con el ecualizador
16. Abrir la válvula que permite la llegada del agua de la estación de bombeo al ecualizador y cerrar la válvula que permite enviar el agua de la estación de bombeo a la laguna aireada.
17. Abrir las válvulas que suministran el aire a las bajantes del ecualizador.
18. Cerrar la válvula que permite el retorno de lodos al ecualizador en caso de purga.
19. Poner tapones en las pasantes que llevan el sobrenadante a la laguna aireada cuando el ecualizador reemplaza al digestor.

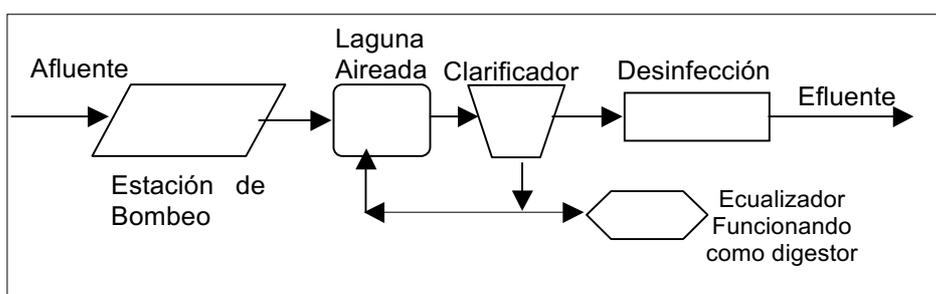


Figura 4.7. Diagrama de Procesos cuando el STAR funciona sin digestor de lodos.

Durante este tiempo de mantenimiento, todas las válvulas que comunican al digestor con las otras unidades deberán estar cerradas. Los lodos digeridos que requieran enviarse al lecho de secado desde el ecualizador, serán trasladados por medio de 1 bomba de lodos manual a diesel o gasolina de 1 HP, por un periodo de 2.5 horas a un caudal de 4.86 l/seg.

La reparación del digestor no influye en el normal desempeño del sistema, ya que este sigue funcionando pero sin ecualizador, por lo tanto no hay limitantes en el tiempo de reparación del digestor.

Cuando se requiera vaciar el digestor aeróbico, únicamente en caso de alguna operación emergente, los lodos contenidos en este serán evacuados de la forma indicada en las memorias. Para vaciar los 365.07 m³ del digestor se utilizará 1 bomba de lodos manual de 5 HP, que transportará un caudal de 25.35 l/seg., y en un período de 4 horas se tendrá vacío el digestor.

Durante condiciones normales de operación y mantenimiento, la extracción de los 43.73 m³ de lodos (capacidad del lecho de secado) del digestor aeróbico para transportarlos al lecho de secado, se la realizará en un periodo de 2.5 horas a un caudal de 4.86 l/seg., utilizando 1 bomba manual de lodo de 1 HP.

45. Parámetros de control necesarios en el funcionamiento de la planta de tratamiento de lodos activados

El correcto funcionamiento de un sistema de lodos activados se logra manteniendo las condiciones en el tanque de aireación adecuadas, para que los microorganismos puedan realizar la degradación de la materia orgánica de manera correcta y eficiente.

Es por esto que es necesario realizar ciertos tipos de pruebas, que indiquen en que condiciones se encuentra el lodo en el tanque de aireación, lo que permitirá realizar los ajustes necesarios en el sistema, según sea el caso (por ejemplo ajustar el flujo del lodo de retorno, cantidad de lodos de desecho la concentración de oxígeno disuelto en el lodo).

Existen diversos parámetros necesarios a considerar para el control de una planta de tratamiento de aguas residuales, entre ellos se encuentran la cantidad de oxígeno disuelto, la temperatura, el pH, la cantidad de sólidos suspendidos, la turbiedad, degradación de la materia orgánica o DBO₅, entre otros. A continuación se detallaran algunos de éstos.

Oxígeno Disuelto (DO): Este parámetro de control asegura que existe en el lodo la cantidad adecuada de oxígeno para que se realice el proceso de degradación biológica de la materia orgánica. El oxígeno disuelto se puede medir a través de electrodos de oxígeno disuelto (ODmeter) tanto en línea como manuales (PROBE, 1994).

Si se observa un aumento de la concentración de oxígeno disuelto, esto puede ser el indicativo de que hay algún compuesto tóxico que está causando un efecto adverso en los microorganismos. Por el contrario, si la concentración de OD disminuye esto puede indicar que hay un aumento en la DBO, entonces la salida de aire u oxígeno se debe regular de acuerdo a las necesidades. El rango normal en el cual se debe mantener la DO está entre 2 a 5 mg/l (PROBE, 1994).

pH: Este es un importante parámetro de control en el proceso de lodos activados, ya que los microorganismos son altamente sensibles a las variaciones de pH, ya sea ácido o básico. Si ocurre un cambio de pH muy drástico, las bacterias pueden hasta morir, por lo que es necesario prevenir estas variaciones.

Este control se puede realizar con un electrodo de pH, tanto en línea como manualmente.

Temperatura: La temperatura es un parámetro que si bien es sencillo de medir, es importante de controlar, ya que cuando hay variaciones de temperatura, los microorganismos se pueden ver alterados, disminuyendo su metabolismo. En algunos casos cuando la temperatura aumenta más allá de los 35°C aproximadamente, los microorganismos del lodo son desplazados por microorganismos termófilos (resistentes a altas temperaturas) (PROBE, 1994).

Por otro lado, existen límites de temperatura de los efluentes para ser dispuestos en alcantarillados o en cursos naturales de agua (PROBE, 1994).

Test de Sedimentabilidad: Este test es importante ya que permite establecer la calidad del lodo, permitiendo así determinar si éste tiene algún tipo de problema, ya que en él se analiza el color del licor de mezcla, la velocidad de sedimentación y la calidad de los flóculos lo cual es registrado en una tabla de control. De esta manera se puede mantener la buena calidad de los flóculos.

Normalmente esta prueba se realiza al efluente de la laguna de aireación, una vez por turno o cada ocho horas en el caso de plantas grandes y una vez al día para plantas pequeñas. Este test además sirve para calcular la concentración del lodo sedimentado y el IVL.

Índice Volumétrico de Lodos (IVL): El IVL esta definido como el volumen de lodo en mililitros (ml) ocupado por 1 g de lodo activo luego de sedimentarse por 30 minutos. Este índice relaciona el volumen sedimentado en los 30 minutos del test de sedimentación con la concentración de sólidos en la muestra sobre la cual fue realizado el análisis. El IVL ayudará al operador a evaluar las características de sedimentación del lodo activado a medida que la concentración de lodos en el sistema cambia (PROBE, 1994).

DBO₅: La demanda bioquímica de oxígeno es un parámetro de control que permite determinar como están trabajando los microorganismos, ya que nos permite determinar cuanta materia orgánica ha sido degradada por los microorganismos. Este análisis se realiza normalmente al afluente y al efluente de la planta, lo que permite determinar el porcentaje de eficiencia de la planta. Así mismo, la DBO₅ del efluente nos da la calidad con la que sale el efluente de la planta. Este es un análisis que es necesario realizar en laboratorio y se realiza cada cierto tiempo.



46. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA TENGUEL

El sistema de tratamiento de aguas residuales consta de siete etapas:

- Rejilla
- Ecuilizador
- Laguna de Aireación
- Clarificador
- Digestor de Lodos
- Unidad de Desinfección Rayos Ultravioleta (UV)
- Lecho de secado

47. Rejillas

El agua ingresa al sistema mediante una estación de bombeo, la cual tiene en su inicio una rejilla de hierro, que retiene la mayor parte de los sólidos gruesos que vienen en el agua residual, tales como plásticos, papeles, botellas, entre otros.

A medida que el agua ingrese a la estación de bombeo, el agua será impulsada gracias a la acción de bombas sumergibles hacia el ecualizador. Estas bombas funcionan gracias a sensores que se activan de acuerdo al nivel de agua presente en el estanque.

Con este tratamiento se logra retener aproximadamente el 60% de estos sólidos, ya que los sólidos gruesos de menor tamaño pasaran a la siguiente etapa del tratamiento.

48. Ecuilización u homogenización de caudales

Luego de que el agua ha pasado por las rejillas, esta pasa a un estanque en el cual esta se retiene durante un cierto período de tiempo y de ahí pasa a la siguiente etapa del tratamiento que corresponde al tratamiento secundario.

Esta ecualización se realiza para evitar que ocurran diferencias en los flujos de ingreso a la laguna aireada, manteniendo un flujo constante y homogéneo durante el funcionamiento de la planta. De esta forma los microorganismos no se ven afectados por cargas de choque que pudieran ingresar en la planta y además se impide que ocurra un rebalse de la laguna aireada.

Es necesario mantener una correcta circulación y aireación del agua residual, ya que así se evita que ocurra degradación anaeróbica en el ecualizador, la cual produciría olores desagradables y crecimiento de microorganismos que no son propios del sistema. Esta aireación y circulación se realizara con difusores de burbuja gruesa, que entregaran la cantidad de aire necesario para evitar problemas en el ecualizador, tales como obstrucción de los canales de entrada o salida o acumulación de lodo en el fondo o paredes del estanque.

49. Laguna de Aireación

La siguiente etapa del tratamiento es lo que se conoce como sistema de lodos activados, como se eligió anteriormente, en la modalidad de zanja de oxidación. En esta modalidad el sistema esta compuesto por dos óvalos, uno integrado en el otro. El ovalo externo corresponde a la laguna aireada y el ovalo interno contiene el ecualizador, el sedimentador y el digestor de lodos. Este sistema permite que además de ahorrar espacio el agua circule por toda la laguna y luego ingrese inmediatamente a las otras etapas del tratamiento.

Durante el recorrido el agua es oxigenada y agitada, lo que permite que los microorganismos realicen la degradación de la materia orgánica. La oxigenación y agitación del agua residual se logra gracias a la acción de aireadores superficiales, instalados en distintas partes de la laguna.

El proceso se realizará a una temperatura aproximada de 28 °C, y a un pH aproximado de 7.0, condiciones a las cuales los microorganismos realizan la degradación de manera óptima, por lo que es necesario mantener dichas condiciones. También es necesario

mantener la concentración de microorganismos en la laguna en 3640 mg/l. El líquido que se encuentra en esta etapa (licor de mezcla) tiene un color característico café chocolate.

Manteniendo un correcto control del funcionamiento de los microorganismos se puede tener una eficiencia de entre el 75% al 95%.

50. Clarificador

Posteriormente el agua residual pasa por rebose a un sedimentador secundario, en el que se produce la sedimentación de los lodos, lo que permite obtener un efluente clarificado, libre de microorganismos y de materia orgánica, la cual está lista para ser dispuesta. Esta agua sale del clarificador por rebose hacia el sistema de distribución, desde donde pasará a la unidad de desinfección y luego a su disposición final.

Es necesario que en el sedimentador secundario no haya turbulencia, para que se realice la sedimentación. En este punto se produce la recirculación de lodos sedimentados hacia la laguna, lo que permite mantener la concentración de estos elevada. Esta recirculación se logra gracias a bombas de vacío (Airlift) que succionan los lodos y los retornan a la laguna aireada o los depositan en el digestor de lodos, según sea necesario. Esto se logra mediante la regulación de válvulas que están dispuestas en el sistema de distribución de lodos.

El agua permanecerá el tiempo suficiente en el sedimentador, para que se produzca el correcto proceso de separación.

51. Digestor de lodos

La parte de lodos sedimentados en el clarificador que no son recirculados a la laguna son depositados en el digestor de lodos, en el cual se realiza la estabilización de éstos, es decir, transformación de los lodos en minerales y residuos inorgánicos. Finalmente se obtiene un producto biológicamente estable, de tipo humus, exento de olores, el cual se puede utilizar como fertilizante.

Además de lo anterior, también se logra una importante reducción del volumen de éstos, pudiendo espaciar las remociones o purgas de hasta cada 12 meses.

En el digestor es necesario controlar la temperatura y pH, ya que ambos parámetros afectan el funcionamiento del digestor de lodos. Con relación a la temperatura, es necesario mantenerla en aproximadamente 30°C, ya que las altas temperaturas aumentan la velocidad de degradación de los lodos, por lo cual es necesario evitar fugas de calor, lo que se logra con un correcto aislamiento.

El pH por su parte, se ve afectado, ya que al producirse la degradación de los lodos se pierde la capacidad tamponadora del lodo, disminuyendo el pH. Es necesario mantener el pH del lodo alrededor de 7,0 unidades de pH.

Así mismo es necesario mantener una correcta aireación y agitación de los lodos, lo cual es necesario para la adecuada degradación de los lodos, lo que se logra con difusores sumergidos y un blower o soplador.

52. Lecho de secado de lodos

Para el Sistema de Tratamiento para la Parroquia Tenguel , se ha considerado el diseño de un lecho de secado con la finalidad de mejorar la calidad de los lodos para poder enviarlos al relleno sanitario de la ciudad de Guayaquil, con una humedad menor o igual a 30%. Los lechos de secado son el método de deshidratación de lodo más empleado; se suelen utilizar para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacua a vertederos controlados o se utiliza como abono.

Para la elección del tipo de lecho de secado (lecho de arena), se consideró las principales ventajas que este ofrece, entre las cuales tenemos:

- Bajo costo de operación y mantenimiento.
- No requiere operación especial.
- El área de ocupación es menor que la de los lechos de pavimento.
- Bajo consumo de energía.
- Poco sensible a cambios en las características del lodo.
- La pasta final tiene un alto contenido de sólidos.

En el presente estudio se ha diseñado un lecho de secado de arena. Estos son utilizados para comunidades de pequeñas dimensiones y población de tamaño medio (menos de 20.000 habitantes), aunque se han dado casos en los que se han empleado en instalaciones más grandes, teniendo como desventajas un mayor costo de inversión inicial, mayor costo de remoción del lodo y de la reposición de la arena, y la gran superficie de terreno necesaria.

Una vez digerido el lodo, este es retirado del digestor previa succión del sobrenadante, el cual es vertido en la laguna aireada para que continúe con su tratamiento. El lodo será retirado del digestor aeróbico por medio de bombas manuales, que lo conducirán al lecho de secado. El lodo se extiende sobre el lecho de arena, en capas entre 20 y 30 cm., y se deja secar. El esparcimiento uniforme del lodo se lo realizará mediante el uso de palas y escobas, que permitan su manipulación para esparcirlo, se rasará el lodo con una varilla de hierro o con una tira de madera, que servirá como nivelador. El lodo se deshidrata por drenaje a través de la masa de lodo y de arena, y por evaporación desde la superficie expuesta al aire. La mayor parte del agua se extrae por drenaje, razón por la cual es fundamental disponer de un sistema de drenaje adecuado, tuberías de plástico perforadas dispuestas con pendientes mínimas del 1%; separadas entre sí una distancia máxima de 3 m. Estos conductos deben colocarse adecuadamente y cubrirse con grava gruesa o piedra machacada para su protección.

De acuerdo a lo especificado en plano G-3 anexo a las memorias técnicas, el agua que es filtrada en el lecho de secado es conducida a la estación de bombeo, lo que se realiza mediante tuberías colocadas a gravedad con pendiente del 1%, por lo cual no se requiere de equipos electromecánicos para su traslado. Cuando exista algún inconveniente con el clarificador, una vez que el agua de la laguna aireada suba de nivel hasta dejar 10 cm de borde libre, ésta será conducida al lecho de secado por medio de tres tuberías de rebose. Adicionalmente, el lecho de secado cuenta con una tubería de rebose la cual conducirá el agua a una caja de registro, la misma que la conducirá al Sistema de Aguas Lluvias. El detalle de las tuberías se encuentra en los planos G-3 e IS-4 en la sección anexos.

El lodo producido por el lecho de secado no es recomendable para el uso como abono en las áreas verdes, ya que para que sea abono, este deberá tener una humedad superior a la que tiene el producto del lecho. Se recomienda, por lo tanto que el lodo del lecho de secado sea dispuesto en el relleno sanitario de la ciudad de Guayaquil, previa autorización

de la Dirección de Aseo Cantonal, Mercados y Servicios Especiales (DACMSE) del M. I. Municipio de Guayaquil.

Los riesgos que implica la existencia de organismos patógenos, sustancias químicas orgánicas y metales pesados, así como la falta de conocimiento sobre los prerequisites de tratamiento del lodo para su uso como abono, son las principales desventajas. (Romero Rojas pág. 779).

53. Unidad de Desinfección

En el diseño del STARD de la Parroquia Tenguel , se ha considerado la implantación de una unidad de desinfección por rayos Ultra Violeta. Las especificaciones de esta unidad se listan a continuación:

- Sistema de desinfección de tipo UV de paso

Esta unidad será colocada a la salida del clarificador dentro de una caja de hormigón de 3.98m de largo por 0.64m de ancho. Las instalaciones eléctricas van desde la estación de bombeo. Donde se encuentra el panel de control, hasta la unidad por medio de las tuberías y cajas que serán colocadas para pasar los cables. Todos estos detalles se encuentran indicados en los planos arquitectónicos y eléctricos anexos.

54. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Se ubica en el extremo sur de la provincia del Guayas. Limita por el Norte con el cantón Balao, provincia del Guayas; al este con el cantón Ponce Enríquez, provincia del Azuay; al sur el cantón El Guabo, provincia de El Oro; y al Oeste, el Golfo de Guayaquil.

Tenguel es una parroquia rural del Cantón Guayaquil y consecuentemente está localizada en el área de las competencias de Interagua. La cabecera parroquial tiene el mismo nombre y cuenta, en un pequeño sector, con un sistema muy antiguo para las evacuaciones de aguas servidas, el mismo que en la actualidad se lo puede considerar que ha cumplido su vida útil. Adicionalmente como un componente del Plan de Expansión de Agua Potable, Interagua, en el año 2.008, construyó el sistema de agua potable para la población de Tenguel, dotando del líquido vital a un área de 130 hectáreas

Para la elección del sistema de tratamiento se han considerado factores climáticos, la generación de ruido producida por la planta, las áreas de amortiguamiento, el uso de las áreas colindantes a la planta, la generación de olores y los riesgos de rebosamiento, factores que se analizarán a continuación.

La ubicación del sistema de tratamiento de aguas residuales fue aprobada por la dirección de Medio Ambiente de la M. I. Municipalidad de Guayaquil, mediante el oficio DMA-2005-3125 (ver Anexo 4).

Los aspectos que se tomaron en consideración para la ubicación del sistema de tratamiento de aguas residuales comprende tanto aspectos climáticos como las áreas de amortiguamiento consideradas el uso de las áreas colindantes, la generación de olores y los riesgos de rebosamiento que puedan tener las instalaciones.

Todos estos aspectos son mencionados en los apartados siguientes.

55. Aspectos Climáticos

Para la elección de la ubicación del sistema de tratamiento se consideraron factores tanto ambientales como de mantenimiento. Para los factores climáticos o ambientales se consideraron los datos meteorológicos de la estación Daular, ya que es la estación más

cercana a la zona donde se encuentra el proyecto urbanístico. Los factores considerados son los siguientes:

- Pluviosidad
- Temperatura
- Viento
- Topografía
- Generación de Ruido

56. Pluviosidad

La zona en que se encuentra el proyecto recibe una precipitación anual de aproximadamente 923.3 mm y 1012.3 mm, durante los meses secos existe una precipitación de 164,4 mm, siendo los meses de estación lluviosa de enero hasta mediados de mayo.

Este factor influye directamente en el tratamiento, ya que produce una dilución del agua residual, pero el sistema no se verá mayormente afectado ya que soporta ciertas fluctuaciones de caudal y concentración a la entrada

57. Temperatura

Se presentan temperaturas tropicales en la zona. La temperatura promedio anual es de 25.80 hasta 26 °C. Junio a Septiembre se registran las menores temperaturas y Enero hasta mediados de Mayo se registran las más altas temperaturas.

En base a esto se buscó ubicar la planta en lugares que sean un poco más resguardado de las elevadas temperaturas, ya que los microorganismos se pueden ver afectados si las temperaturas son muy altas.

58. Viento

El viento se define como el movimiento del aire con respecto a la superficie de la tierra en una dirección y velocidad determinada..

Dirección de viento predominante suroeste hacia el noreste , Velocidad de 2,85 m/s hasta 3,3 m/s

59. Topografía

La topografía es relativamente plana. La altimetría fluctúa entre 4.00 y 8.00 MSNM. Hay una natural pendiente hacia el río Tengué y hacia el Golfo de Guayaquil.

60. Características del suelo

Tengué se encuentra asentado en rocas blandas poco consolidadas de edad Cuaternaria y en zonas de depósitos aluviales recientes

En el área de estudio se encuentra en el límite entre dos unidades morfoestructurales

La llanura Costera al Oeste, plana, rellenada con sedimentos terciario-cuaternarios-recientes

Cordillera Occidental, conformada por terrenos más antiguos, cretácico-eocenos, levantados en el área de estudio a cientos de metros sobre el nivel del mar y en pleno estado de erosión.

De acuerdo a la estratigrafía obtenida en los estudios del subsuelo y al relleno que se va a construir, se obtuvieron los siguientes datos:

- 1. Cuaternario Indiferenciado (Q)
 - > Conformado por arenas, areniscas, arcillas y conglomerados de distribución irregular.
- 2. Formación Piñón (Kp)
 - > Conformada por rocas diabásicas, porfíricas y piroclásticas con permeabilidades
 - > muy bajas y que forman acuíferos muy locales que son de aprovechamiento generalmente por manantiales subterráneos.
- 3. Rocas Igneas Indiferenciadas (G)
 - > Rocas intrusivas graníticas y granodioríticas. Esta unidad litológica es prácticamente impermeable y generalmente sin acuíferos explotables.
- 4. Volcánico Reciente (Vr)

- > Lavas, tobas andesíticas, brechas y cenizas con permeabilidad de baja a media pudiendo formar acuíferos locales o discontinuos.
- ⑤ 5. Rocas Metamórficas Indiferenciadas (u)
 - > Rocas metamórficas de alta presión, prácticamente impermeables y generalmente sin acuíferos.

Tabla 1.2. Tabla 6.1: Tipo de suelo encontrado a diferentes profundidades.

61. Generación de ruido

Los equipos hidromecánicos que componen el sistema de aireación de la planta de tratamiento originarán ruido ambiental que será disminuido en su intensidad mediante silenciadores y cerramientos de estructura de hormigón. Además de esto, se decidió dejar un área de amortiguamiento mínima de 10 metros entre las unidades que contienen los equipos y las viviendas más cercanas.

62. Áreas de Amortiguamiento

También es importante destacar que la distribución de la planta de tratamiento, ha sido diseñada para el mejor aprovechamiento del terreno, quedando de esta manera alejada a un máximo de 12 m de la barrera natural que divide la planta de los sectores a poblarse.

Otro de los alcances del documento mencionado anteriormente hace referencia al cerco vegetal de la planta de tratamiento, el cual será plantado con 1 mes antes de que comience la operación del sistema, tiempo que permitirá que dicha barrera se desarrolle correctamente y según las necesidades del proyecto. Así mismo, la densidad del cerco vegetal del lindero Suroeste, se aumentara a 3 m, lo cual se muestra en el plano de implantación de la planta.

Adicional a lo antes mencionado, se hizo un alcance con relación a la altura del cerramiento del sistema, por lo que este tendrá una altura de 4m.

63. Utilización de Áreas Colindantes y Generación de Olores

Es importante destacar que por ser un sistema aerobio de lodos activados, la generación de olores y gases es muy pequeña, llegando a ser despreciable la mayor parte del tiempo. Adicionalmente, el viento ayudará a la disipación de los posibles olores generados durante el funcionamiento y mantenimiento de la planta, si llegasen a presentarse por mal funcionamiento.

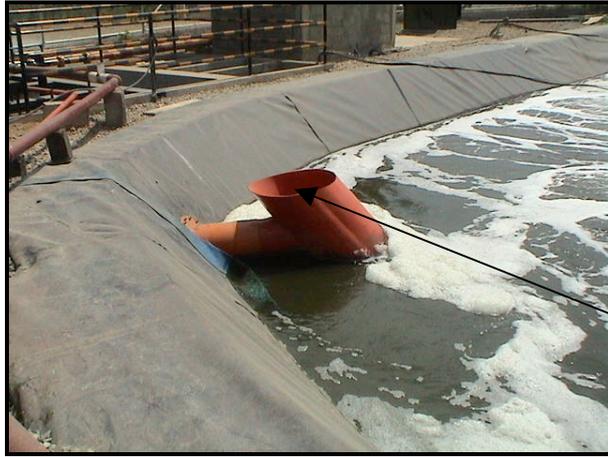
64. Mantenimiento y Limpieza

El sitio donde se ubicará la planta de tratamiento de aguas residuales tiene facilidades de acceso vehicular que permitirá la circulación de carros hidrocleaners y diferentes equipos de mantenimiento que se requerirán, una vez que el sistema esté funcionando, ya que se cuenta con la suficiente área libre que se destinará para este fin.

Riesgos de Rebosamiento

En relación al riesgo de desborde del sistema, será menor ya que se ha tomado un factor de seguridad del 20% en todas las unidades, con lo cual se tiene un borde libre en las unidades, que permite aguantar caudales superiores a los de diseño.

Cada unidad tiene tuberías que permitirán la circulación del agua residual. Estas tuberías tendrán diámetros suficientes para evitar que el nivel de agua en cada piscina suba considerablemente y se produzcan rebosamientos. Además, a la entrada de cada tubería existen baffles que actúan como retenedores de grasas y sólidos que pudiesen obstruir la dicha tubería.



Tubería de
Circulación con

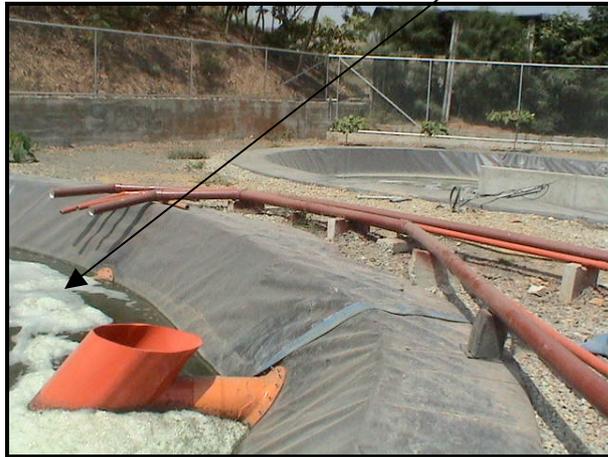


Figura 6.1. Fotos de tuberías de circulación con baffle en lagunas de aireación.



65. Introducción

Tenguel es una parroquia rural del Cantón Guayaquil y consecuentemente está localizada en el área de las competencias de Interagua. La cabecera parroquial tiene el mismo nombre y cuenta, en un pequeño sector, con un sistema muy antiguo para las evacuaciones de aguas servidas, el mismo que en la actualidad se lo puede considerar que ha cumplido su vida útil. Adicionalmente como un componente del Plan de Expansión de Agua Potable, Interagua, en el año 2.008, construyó el sistema de agua potable para la población de Tenguel, dotando del líquido vital a un área de 130 hectáreas.

En el presente diseño, para el tratamiento de las aguas residuales de la parroquia Tenguel se lo ha realizado con la conceptualización de implementar lagunas de aireación y un digestor, en donde el oxígeno es suministrado por medio de aireadores superficiales e inyección de aire para que por presión se difuse en el agua. La acción de los aireadores y la de las burbujas de aire que ascienden desde el difusor mantiene en suspensión el contenido del estanque en este tipo de procesos. Adicionalmente, se tiene como unidades secundarias, el clarificador y deshidratadores de lodos, siendo estos sistemas efectivos para el tratamiento final.

66. Tratamiento primario

67. Rejillas

Es importante que como tratamiento primario se busque remover la materia flotante que trae consigo el agua, y sobre todo si proviene de mantos superficiales, que fácilmente pueden ser contaminados por plásticos, troncos de madera, ya que si no se eliminan pueden causar daños a los mecanismos o bloquear las tuberías. Estas mallas también llamadas cribas, tienen que ser diseñadas de un material anticorrosivo para evitar el desgaste con la fricción del paso del agua.

68. Tamiz

Es el proceso de separación de sólidos, en el cual se retienen los sólidos. La parte interna del tamiz se limpia constantemente por unos cepillos que se encuentran unidos a la parte externa del tornillo sinfín. El agua atraviesa el tamiz y los sólidos son transportados por el sinfín sin eje hacia el módulo de compactación en donde el material será comprimido y escurrido.

Dependiendo de las características del material, se puede llegar a conseguir una reducción de volumen de más del 50% del original

69. Tratamiento Secundario

70. Laguna de Aireación (Zanja de oxidación)

Para el tratamiento mediante lodos activados con aireación extendida, se seleccionó un sistema de tratamiento en base a zanja de oxidación, tipo "carrousel". Esta zanja tiene una zona aeróbica donde se degrada la materia orgánica, para lo cual cuenta con aireadores superficiales, y una zona anóxica para la eliminación del nitrógeno.

El proceso que tiene lugar en una zanja de oxidación es un proceso de oxidación biológica conocido como "lodos activados" y que en forma elemental puede definirse como la mezcla de aguas servidas (substrato-alimento) con una masa heterogénea de microorganismos (lodos activados) en condiciones aeróbicas, que son capaces de metabolizar y destruir los principales contaminantes de las aguas servidas.

El proceso de lodos activados es un método de tratamiento de las aguas servidas mediante aireación y agitación del líquido residual afluyente mezclado con el lodo activado (licor mezclado), y la separación posterior del lodo del efluente tratado mediante sedimentación. La mayoría del lodo separado es entonces retomado para re-uso (lodos recirculados o RAS) y el lodo sobrante es descargado como lodo activado en exceso (WAS).

Las zanjas de oxidación corresponden a un sistema particular de lodos activados, el que se caracteriza por considerar un proceso de aireación extendida. Por aireación extendida se entiende la digestión aeróbica de los lodos en el propio reactor de lodos activados (RLA) por sobre oxigenación.

71. Clarificador

Consiste en utilizar las fuerzas de gravedad para separar una partícula de densidad superior a la del líquido, hasta una superficie o zona de almacenamiento. Para que pueda haber una separación efectiva se precisa, además, que la fuerza de gravedad tenga un valor suficientemente elevada con relación a sus efectos antagonistas: efectos de turbulencia, rozamiento, repulsión electrostática, corrientes de convección, etc. Para facilitar la comprensión de los fenómenos que intervienen deben distinguirse los efectos relacionados con el movimiento de la partícula y los relacionados con el movimiento del líquido.

72. Tratamiento de lodos

73. Digestor

La digestión aeróbica es un proceso bacteriano que ocurre en presencia del oxígeno. Bajo condiciones aeróbicas, las bacterias consumen rápidamente la materia orgánica y la convierten en el dióxido de carbono. Una vez que haya una carencia de la materia orgánica, las bacterias mueren y son utilizadas como alimento por otras bacterias. Esta etapa del proceso se conoce como respiración endógena.

La reducción de los sólidos ocurre en esta fase, porque se produce la digestión aeróbica mucho más rápidamente. Los costos de capital de digestión aerobia son más bajos; sin embargo, los gastos de explotación son característicos por ser mucho mayores para la digestión aeróbica debido a los costes energéticos para la aireación necesitada para agregar el oxígeno al proceso.

74. Deshidratación de lodos

Es un proceso que ayuda a la minimización de los residuos por medio de calor indirecto los lodos, una mayor reducción de los lodos es necesaria antes del espesamiento de los mismos. El líquido de los lodos tiene que drenarse consiguiendo un lodo seco y poroso. La deshidratación puede producirse de manera natural (mediante camas secas, secado solar), durante un largo periodo de tiempo.

75. Manejo final de lodos y efluente.

76. Ultravioleta

Las aguas tratadas serán conducidas a un proceso desinfección de acuerdo a las necesidades de la planta y requerimientos.

El método sugerido en este caso específico, es el de desinfección mediante rayos ultravioleta (UV), para que de esta forma se pueda utilizar el agua para la irrigación de las diferentes áreas verdes que se encuentren, este sistema ocupa menor espacio y no requiere de obra civil complementaria.

Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de lodos

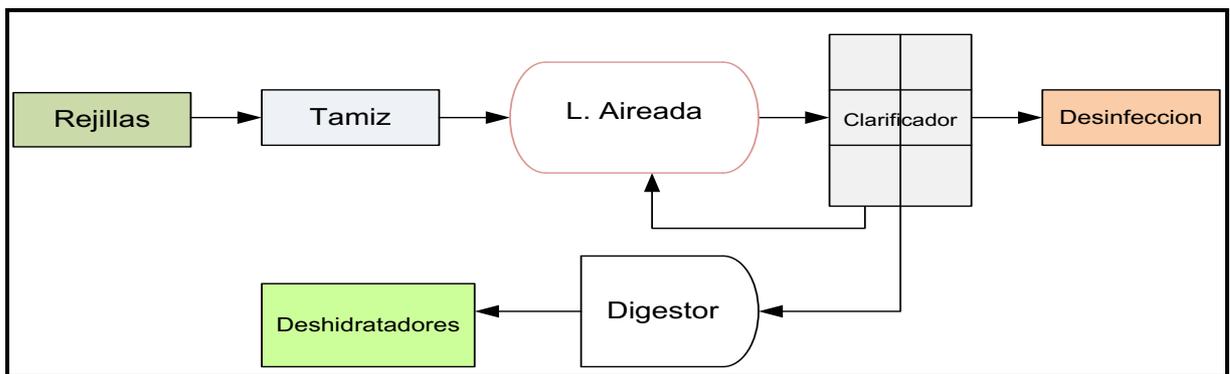


Fig. 1 Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de lodos

Diseño de las lagunas

7.1. Diseño de las lagunas de aireación

7.1.1. Caudal a tratarse

Tabla 7.1.- Datos generales de diseño de lagunas para la parroquia Tenguel

Item	Unidad	Año		
		2011	2022	2036
Población	Hab	7,150	11,050	14,950
Área	Ha	130	130	130
Caudal doméstico medio	Lt/seg	9.93	16.47	24.23
Caudal doméstico medio	M3/Día	858	1,423	2,093
Caudal por infiltración	Lt/seg	13.00	13.00	13.00
Caudal por conexiones erradas	Lt/seg	19.50	19.50	19.50
Caudal a tratarse	Lt/seg	42.43	48.97	56.73

77. Concentración orgánica (S₀)

El valor de 45 gr/hab.día se lo ha tomado en referencia a Afini, 1989, con muestreos hechos en el estado de San Pablo, Brasil. El obtuvo los valores de DBO5, en función de las principales ciudades, y presentó el siguiente resultado: 45 g/hab.día, para ciudades pequeñas.

$$DBO5 = \frac{45 \text{ gr/hab.día} \times 14.950 \text{ hab} \times \frac{1.000\text{mg}}{1\text{gr}}}{24,23 \text{ lt/seg} \times \frac{86.400\text{día}}{1\text{seg}}} = \frac{672.750.000}{2.093} = 321 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} \approx 400 \text{ mg/l}$$

Se asume el valor conservador de 400 mg/l.

Se ha tomado como referencia a Jairo Alberto Romero Rojas, Colombia 2005, Tratamiento de aguas residuales, para definir los siguientes parámetros de diseño:

Tabla 7.2.- Parámetros de diseño para Laguna Aireada (Zanjón de oxidación).

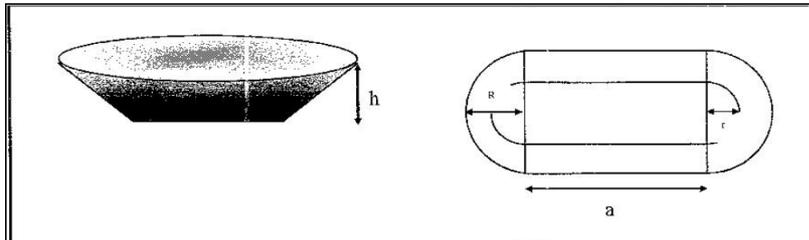
MODIFICACION DEL PROCESO	θ_c, h	A/M gr DBO5 /gr SSVLM d	TASA DE CARGA VOLUMETRICA gr DBO5 /10 ³ m3 d	SSLM, mg/L
Zanjón de oxidación	8-36	0.05-0.3	80-480	3.000-6.000

Fuente: Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales

78. Volumen requerido de la laguna

Para efectos de cálculos, se ha elaborado una hoja electrónica con la aplicación Excel, debido a la relación de parámetros con varias expresiones matemáticas, en la cual se tomaron como referencia los autores nombrados en el apartado de bibliografía.

Población (hab)	14,950	Caudal Q (lt/día)	2,093,000
Dotación aguas residuales (lt/hab día)	330	Caudal Q (m3/día)	2,093
Consumo (lt/hab día)	175	Caudal Q (Mgal/día)	0.5537
Q residual del área comunal (lt/día)	75064		



Descripción	Nomenclatura	Unidad	Cantidad
Caudal afluente	Qi	Mgal/d	0.5537
Concentración de sustrato afluente = So	DBO5i	mg/l	400
Concentración de sustrato efluente = S	DBO5e	mg/l	30
Concentración de células en el tanque	SSVL	mg/l	4,700
Relación alimento/microorganismos	F/M	kg DBO5/kgcélulas*d	0.1000
Carga Máxima DBO diaria	CM	lb DBO/d	1,847.16
Volumen Requerido	Vreq	m3	1,781.28
Tiempo de retención Hidráulico Requerido	TRHreq	h	20.43
Carga Volumétrica	CV	kg*DBO5/m3*d	0.41

Determinación de las Dimensiones de la laguna aireada			
Descripción	Nomenclatura	Unidad	Cantidad
Borde libre	bl	m	0.40
Altura Total de la laguna	H	m	5.00
Altura hasta el nivel del Agua	h	m	4.60
Angulo de inclinación del Talud		grados	45
Radio de la esfera grande	R	m	9.00
Radio de la esfera a la altura del agua	R2	m	8.60
Radio de la esfera pequeña	r	m	4.00
Largo recto de la Laguna	a	m	25.00
Largo total de la Laguna	Ltot	m	43.00
Ancho Total de la laguna	A	m	18.00
Área necesaria para diseño de laguna (tanteo)	Anl	m2	704.47
Volumen Total (tanteo)	Vt	m3	2,291.03
Volumen Útil (tanteo)	Vu	m3	2,023.63
Volumen Requerido	Vreq	m3	1,781.28
Tiempo de Retención Hidráulico Total	TRHt	h	26.27
Tiempo de Retención Hidráulico Útil	TRHu	h	23.20
Tiempo de Retención Hidráulico Requerido	TRHreq	h	20.43

Los cálculos, presentados en el cuadro arriba, se basaron en las siguientes expresiones matemáticas:

Calculo del volumen requerido

$$V = \frac{Q(S_o)}{X(A/M)}$$

Cálculo del tiempo de retención hidráulica (TRH) por medio de la formula:

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

Cálculo de la carga másica por medio de la formula:

$$CM = Q \cdot S_o \quad 8.34$$

Cálculo de la carga volúmica por medio de la formula:

$$CV = \frac{Q \cdot S_o}{V}$$

Radio esfera grande

$$R = r + [H \cdot \tan(\varphi\pi/180)]$$

Volumen útil

$$V_{util} = \frac{h}{3} \cdot \pi(R^2 + r^2) + (R^2 + r) + \sqrt{\pi R^2 + 2aR^2 \cdot \pi r^2 + 2ar}$$

79. Aireadores

Las siguientes ecuaciones y datos de parámetros usados se basaron en las siguientes referencias:

- Great Lakes-Upper Mississippi River, Recommended Standards for Wastewater Facilities.
- Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales.
- Wastewater engineering, Metcalf & Eddy, 2006.
- Wesley y Grav, Activated Sludge Process Desing.

Datos	Nomenclatura	Símbolo	Valor
Caudal afluente	Q	Mgal/día	0.556
Concentración de sustrato afluente	S_o	mg/l	400.00
Concentración de sustrato efluente (esperado)	S	mg/l	30.00
Requerimiento de oxígeno	-	lb. O ₂ /lb.DBO ₅	1.50
Factor de conversión de DBO ₅ a DBO _u	f	mgDBOrem/mgO ₂	0.67
Factor de conversión O ₂ por células oxidadas	-	mg O ₂ /mg SSV	1.42
Factor conversión O ₂ por oxidación completa de NTK	-	mgO ₂ /mgNTK	4.60
Concentración total de NTK en el afluente	NTK_o	mgNTK/l	50.00
Concentración total de NTK en el efluente	NTK	mgNTK/l	10.00
Factor de Conversión de unidades	-	lb-l/Mgal-mg	8.34
Coefficiente de declinación endógena	K_d	d ⁻¹	0.06
Coefficiente de producción de crecimiento o relación de la masa de células formadas a la masa de sustrato consumido.	Y	mgSS/mgDBOrem	0.6
Tiempo de retención de lodos	θ_c	d	20.00 d

80. Requerimiento de Oxígeno actual para modalidad de aireación extendida (N)

coeficiente de producción de crecimiento

$$Y_{OBS} = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c} \quad 0.27 \text{ mgSSV/mgDBOrem}$$

requerimiento de oxígeno actual

$$N \left(\frac{\text{lbO}_2}{\text{día}} \right) = 8.34 \left\{ Q \times \frac{1}{f} \times (S_o - S) \right\} - Q \times 1.42 \times (S_o - S) Y_{OBS} + \left\{ Q \times 4.6 \times (NTK_o - NTK) \right\}$$

$Q \times 1.42 \times (S_o - S) Y_{OBS}$	78.81 MGal·mgO ₂ /l·d
$Q \times \frac{1}{f} \times (S_o - S)$	308.33 MGal·mgO ₂ /l·d
$Q \times 4.6 \times (NTK_o - NTK)$	102.22 MGal·mgO ₂ /l·d
N	2766.71 lbO₂/d

81. Tasa estándar de transferencia de oxígeno en condiciones extendidas

Con el valor de N, obtenido anteriormente se halla la tasa de transferencia de oxígeno:

$$N_o = \frac{NC_{S,20}}{\alpha \theta^{T-20} (\beta C_{S,T,0} - C_L)}$$

Item	Símbolo	Unidad	Valor
Concentración de saturación superficial de O ₂ (20°C y 1atm)	C _{s,20}	mg/l	9,08
Concentración promedio de OD en LM	C _L	mg/l	2,00
Factor de corrección AR para el CoeficienteTransferencia O ₂	a		0,90
Factor de Corrección Temperatura para CoeficienteTransferencia O ₂	θ		1,024
Factor de corrección para saturación de oxígeno	σ		1,00
Concentración Saturación OD Temp.T y 0msnm; AAPP	C _{s,T,0}		7,81
Temperatura	T	°C	28,00
Factor para taponamiento de difusores	F	N/a	N/A
Tasa estándar de transferencia de oxígeno	No	lbO ₂ /d	3.974,03

82. Potencia de aireadores en condiciones de aireación extendidas.

La eficiencia del sistema de aireación, y las expresiones matemáticas fueron tomadas de la referencia a Metcalf & Eddy, " Waste Water Treatment" Tabla 5-3.

Dato	Simbologia	Valor
Eficiencia del sistema de aireacion	SAE	2.00 lbO ₂ /HP h
Transferencia de oxigeno estandar requerida	No	165.58 lbO ₂ /h
Potencia Total Requerida	PR	82.79 HP

Donde la potencia requerida se la encuentra de acuerdo a la expresión matemática siguiente:

$$PR = \frac{N_o}{SAE}$$

Observamos que la potencia requerida para la laguna de aireación es de 82.79 HP.

83. Diseño del digestor de lodos

84. Producción diaria neta de lodos

Para el cálculo del dimensionamiento del digestor de lodos, se deben obtener previamente diferentes parámetros siendo estos:

Datos	Simbolo	Valor
Factor de rendimiento	Y	0.60 KgSSV/KgDBO5
Caudal Afluente	Q	2100.00 m3/d
Concentración de sustrato afluente = S_o	S_o	400.00 mg/l
Concentración de sustrato efluente = S	S	30.00 mg/l
Tiempo de retención celular	θ_c	20.00 d
Constante de reacción de los microorganismos	K_d	0.060 d ⁻¹
Producción diaria neta de SSV	P_x	211.91 KgSSVLM/d
Porcentaje de sólidos suspendidos volátiles en SST	P_v	90%
Producción diaria neta de SST	P_{xSST}	235.45 KgSSL/d
Facción de Sólidos en el lodo secundario	P_s	10%
Producción diaria neta de lodo	P_{xlodo}	2354.55 Kg lodo/d
Densidad del agua	ρ_{agua}	1000.000 Kg/m3
Gravedad Especifica del lodo secundario	ρ_{lodo}	1.0
Humedad en lodo secundario	%H	90%
Producción diaria neta de lodo	V_{ls}	2.35 m3/d

Se usó las siguientes expresiones matemáticas basadas en referencia a: Romero Rojas, y Metcalf & Eddy.

$$Px_v = \frac{Y \times Q \times (S_o - S)}{1 + K_d \times \theta_c}$$

$$Px = \frac{Px_v}{0.9}$$

85. Cálculo de caudal del purga de la recirculación (Q_{fp})

Datos	Simbolo	Valor
Concentración de lodo en la recirculación	X_{Rlodo}	100000.00 mg/l
Caudal de purga de la recirculación	Q_{fp}	23.55 m3/d

La concentración de lodos fue tomada de la referencia Metcalf & Eddy, para lagunas de aireación extendida, donde además se extrajo la siguiente ecuación:

$$Q_{fp} = \frac{Px_{lodo} \times 1000}{X_{Rlodo}}$$

86. Dimensionamiento del digester de lodos

Descripción	Nomenclatura	Unidad	Cantidad
Borde libre	bl	m	0,45
Altura Total del digester	H	m	4,00
Altura hasta el nivel del Agua	h	m	3,55
Angulo de inclinación del Talud		grados	45
Radio de la esfera grande	R	m	5,50
Radio de la esfera a la altura del agua	R2	m	5,05
Radio de la esfera pequeña	r	m	1,50
Largo recto del digester	a	m	12,00
Largo total del digester	Ltot	m	23,00
Ancho Total del digester	A	m	11,00
Área necesaria para diseño del digester (tanteo)	Anl	m ²	227,03
Volumen Total (tanteo)	Vt	m ³	491,98
Volumen Útil (tanteo)	Vu	m ³	399,38
Volumen Requerido	Vreq	m ³	372,55

Los cálculos se basaron principalmente en las siguientes expresiones matemáticas y teniendo como referencias a Metcalf & Eddy, Wastewater engineering, 2006, y Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales.

Volumen requerido

$$V_{req} = \frac{Q_{fp}(X + YSi)}{X_{RSSTD} \left(Kd + \frac{1}{\sigma_d} \right)}$$

Volumen útil

$$V_{util} = \frac{h}{3} * \pi (R^2 + r^2) + (R2 + r) * \sqrt{\pi R_2^2 + 2aR_2^2 * \pi r^2 + 2ar}$$

87. Tasa de transferencia de oxígeno

Los cálculos se basaron en las siguientes expresiones matemáticas, y teniendo como referencias a Metcalf & Eddy, Wastewater engineering, 2006, y Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales.

$$N_0 = Px_{\text{reducidos}} \times T$$

$$Px_{\text{reducidos}} = 0,5 \times P_x$$

Datos	Simbología	Valor
Nivel de disolución de oxígeno	c	50%
Requisitos de oxígeno, Tejido Celular con nitrificación[2]	T	2,30 KgO ₂ /KgSSV
Producción diaria neta de SSV	P_{su}	211,91 KgSSV/d
Producción diaria neta de SSV	P_{su reducidos}	105,95 KgSSV/d
Tasa estándar de transferencia de Oxígeno	No	243,70 KgO₂/d

88. Aireadores

Las siguientes ecuaciones y datos, usados se basaron en las siguientes referencias:

Great Lakes-Upper Mississipi River, Recomendated Standars for Wastewater Facilities.

Romero Rojas. Tratamiento de Aguas Residuales.

Wastewater engineering. Metcalf & Eddy.2006.

Wesley y Grav, Activated Sludge Process Desing

Densidad de aire:

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{1.293}{1 + 0.00367T} \left(\frac{H}{76} \right)$$

Caudal del aire

$$Q_{\text{aire}} = \frac{N_0}{e \times \rho_{\text{aire}} \times \%O_2}$$

Potencia total requerida

$$PR = \frac{N_0}{SAE}$$

89. Volumen de aire requerido

Datos	Simbología	Valor
Porcentaje de Oxígeno en el aire	%O ₂	23,20%
Eficiencia de la transferencia de oxígeno	E	0,13
Temperatura	t	25,00 °C
Presión	P	76 cm. Hg
densidad del aire	D	1,184 Kg/m ³
Caudal del aire	Qaire	6822,46 m ³ /d
		4,74 m ³ /min

90. Potencia de aireadores en condiciones de aireación extendida

Datos	Simbología	Valor
Eficiencia del sistema de aireación	SAE	2,00 lbO ₂ /HP h
Transferencia de oxígeno estandar requerida	No	22,339 lbO ₂ /h
Potencia Total Requerida	PR	11,17 HP

Según el método realizado se obtuvo que en el digestor se necesita una potencia total de 11, 17 Hp.

91. Diseño de los deshidratadores

92. Parámetros básicos de diseño

Los siguientes datos y ecuaciones, usados se basaron en las siguientes referencias:

Great Lakes-Upper Mississippi River, Recommended Standards for Wastewater Facilities.

Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales.

Wastewater engineering. Metcalf & Eddy, 2006.

Wesley y Grav, Activated Sludge Process Design

Item	Símbolo	Unidad	Valor
% humedad del lodo	-	%	96%
Fracción de sólidos en el lodo	-	%	4%
Reducción SSV en el digestor	-	%	50%
Sólidos Suspendidos Volátiles	SSV	%SST	90%
Gravedad específica del lodo	d _{lodo}	-	1,040

digerido			
Ciclo de operación resultante	d	Días	30,00
Espesor de la capa de lodo	e	m	0,35
Tasa Máxima de Aplicación Permitida	Tasa	Kg _{sst} /m ²	15,00
Producción diaria neta de Lodos	Px	Kg _{ssv} /d	211,91
Densidad del agua	d _{agua}	Kg/m ³	1.000,00

93. Dimensionamiento de los deshidratadores

Las ecuaciones usadas son las siguientes:

$$Px = Px_v$$

$$\text{Producción diaria neta de lodos digeridos (SSV)}: Px_{vd} = Px_v \times 0.50$$

$$\text{Producción diaria neta de lodos secos (SST)}: Px_{Td} = \frac{Px_{vd}}{0.90}$$

$$\text{Producción de Masa de Lodo Digerido}: TS = \frac{Px_{Td}}{0,04}$$

$$\text{Volumen de lodo que va al lechos por dia } V_{lodo} = \frac{TS}{\rho_{agua} \times \gamma_{lodo}}$$

$$\text{Volumen generado por ciclo } V_{ciclo} = V_{lodo} \times d$$

$$\text{Area requerida del lecho de secado } A = \frac{V_{ciclo}}{e}$$

DIMENSIONES		
Dimensión	Unidad	Valor
Largo	m	42,00
Ancho	m	6,00
Área útil	m ²	246,00
Volumen útil	m ³	86,10

94. Clarificadores

95. Parámetros básicos de diseño

Para el dimensionamiento de los clarificadores se ha usado las siguientes referencias:

- Wastewater engineering, Metcalf & Eddy, 2006.
- Wesley y Grav, Activated Sludge Process Desing

Diseño del Sedimentador			
Descripción	Nomenclatura	Unidad	Cantidad
Número de sedimentadores	n	u	12
Pares de sedimentadores			6
Largo del rectángulo	a	m	3,9
Ancho del rectángulo	b	m	3,9
Borde libre			0,45
Altura del rectángulo	h1	m	1,50
Altura del cono truncado	h2	m	2,50
Altura del agua en el rectángulo	h3	m	1,05
Ancho inferior del cono truncado	c	m	0,30
Profundidad total	h1+h2	m	4,00
Nivel del Agua	h2+h3	m	3,55

Volumen Cono	Vcono	m ³	13.73
N.- de Conos	Nc	u	12
Volumen Total de conos	Vtconos	m ³	164.70
Volumen del rectángulo al nivel del agua	Vrect(Nivel del agua)	m ³	15.97
N.- de rectángulos	Nrec	u	12
Volumen Total de rectángulos al nivel del agua	Vtrect(Nivel del agua)	m ³	191.65
Volumen Útil del Sedimentador	Vútil	m ³	356.35
Volumen del rectángulo	Vrect	m ³	22.82
N.- de rectángulos	Nrec	u	12
Volumen Total de rectángulos	Vtrect	m ³	273.78

96. Dimensionamiento del clarificador

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Área requerida para instalación	182,52	m ²
Volumen Requerido (V _{req})	350,06	m ³
Volumen Útil (útil)	356,35	m ³
Volumen Total (t _{sed})	438,48	m ³
Tiempo de retención hidráulico (TRH)	4,07	h
Largo (a)	3,9	m
Ancho (b)	3,9	m
Base (c)	0,30	m

97. Conclusiones y Recomendaciones

El diseño propuesto tiene como componentes la laguna de aireación, el digestor de lodos, el clarificador y los deshidratadores. Los volúmenes requeridos para la laguna de aireación y el digestor de lodos son 1.790 m³ y 373 m³, respectivamente.

Como unidades de tratamiento se tiene los clarificadores que basándose en los cálculos realizados para el año 2.036, se necesitarán 2 clarificadores, con 6 tolvas cada uno; sin embargo, para el año presente 2.011, es necesario un solo clarificador, el mismo que se lo podrá incorporar en el futuro al sistema cuando se lo implemente totalmente.

98. Disposición del efluente

De acuerdo a lo establecido por la I Municipalidad de Guayaquil, el efluente será dispuesto a un cuerpo de agua marina, por lo cual debe cumplir con la normativa establecida en el TULAS, que consta en la Tabla 3.1 Cuadro resumen de los límites de descarga a un cuerpo de agua marina; y con los parámetros de la Tabla 3.3 Cuadro resumen de los límites de descarga establecidos por la DMA (mediante oficio DMA-2007-2056).

Debido a que el efluente cumplirá correctamente con lo establecido para este caso, puede ser dispuesto sin problemas a dicho curso de agua.

99. Manejo de lodos

Purga de lodos de la laguna de aireación

La idea del digestor es que sirva como depósito de lodos semi-estabilizados. Aquí se mandarían los lodos maduros del tanque de aireación, una vez que estos hayan cumplido su ciclo de reinserciones con el clarificador.

Un método fácil de definir las purgas de la Laguna Aireada (LA) al digestor es mediante una prueba simple de sedimentación. Si el 80% de los lodos se sedimentan en un periodo inferior de 15 minutos, se deberán insertar los lodos al digestor durante las próximas 24 horas. Una vez concluido este tiempo, se deberá de volver a la operación normal, que es recircular los lodos a la laguna aireada.

Debido a que durante el funcionamiento del STARD, el tiempo en que se alcancen concentraciones elevadas de sólidos suspendidos en el licor de mezcla (5.000 mg._{SSL}/l), de tal manera que se requiera purgar los lodos del tratamiento, va a depender de las condiciones en que se desarrolle la operación del sistema y por lo general los períodos de tiempo van a ser variantes de una planta a otra; no es aplicable la elaboración de un cronograma específico de actividades de purga de lodos. Pero sí se puede precisar que una vez alcanzado el nivel máximo de concentración de células en la laguna aireada (determinado por las pruebas de control), se purgará una cantidad de 19 m³ de lodo aproximadamente, para llegar a una concentración de 3640 mg._{SSL}/l.

100. Purgas del digestor

Los lodos pueden permanecer el tiempo que se desee en el digestor, siempre y cuando su volumen lo permita, una media a considerarse es el 10% del volumen total (peso seco de los lodos).

Para purgarlo se apaga el sistema de aireación con la finalidad de que los lodos se sedimenten, dejando agua clara en la parte superior. Esta agua debe ser bombeada de regreso al tanque aireado para que continúe su tratamiento. El sistema de bombeo será portátil colocando la bomba en la pasarela de mantenimiento.

Desde el inicio de la operación del STARD, se deberá mantener el Digestor Aeróbico lleno con agua limpia, de tal manera que ésta sirva de colchón para el lodo que ingresará a la unidad en la primera purga. El lodo, por efecto de empuje y diferencia de densidad con el agua, desalojará un volumen igual de agua hacia la laguna aireada, esto se realizará a través de los reboses. Para las purgas posteriores, se mantendrá el agua sobrenadante, la cual será desalojada poco a poco por los volúmenes de lodo purgados desde el clarificador, de esta manera se irá incrementando el volumen y la concentración de lodo en el digestor, lo cual ayudará a una mejor estabilización del biosólido. Una vez que se alcance una concentración aproximada de 100.000mg_{lodo}/l en el digestor, se purgará los lodos al lecho de secado, en porciones correspondientes al volumen útil del lecho de secado, las cuales serán extraídas cada 25 días, que es el período de secado establecido en el diseño.

El propietario de la urbanización o administrador del sistema de tratamiento, vaciará el digestor de lodos por medio de 1 bomba manual de lodos a diesel de 1HP con tubería de salida de Ø 3", la extracción será en un tiempo de 2,5 horas; y se depositarán los lodos en el lecho de secado que se encuentra cercano al sistema, para que se deshidrate por un período de tres semanas aproximadamente. Luego de esto se retirará manualmente el lodo seco del lecho y se lo trasladará al Relleno sanitario correspondiente, con previa autorización de la Dirección de Aseo Urbano y Rural de la M. I. Municipalidad de Guayaquil.

101. Manejo de lodos secos del lecho de arena

El lodo producido por el lecho de secado no es recomendable para el uso como abono en las áreas verdes, ya que para que sea abono, este deberá tener una humedad superior a la que tiene el producto del lecho. Se recomienda, por lo tanto que el lodo del lecho de secado sea dispuesto en el relleno sanitario de la ciudad de Guayaquil, previa autorización

de la Dirección de Aseo Cantonal, Mercados y Servicios Especiales (DACMSE) del M. I. Municipio de Guayaquil.

Los riesgos que implica la existencia de organismos patógenos, sustancias químicas orgánicas y metales pesados, así como la falta de conocimiento sobre los prerrequisitos de tratamiento del lodo para su uso como abono, son las principales desventajas.

102. Manejo de sólidos retenidos en la estación de bombeo

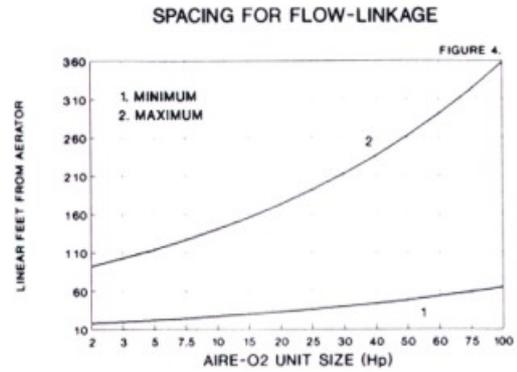
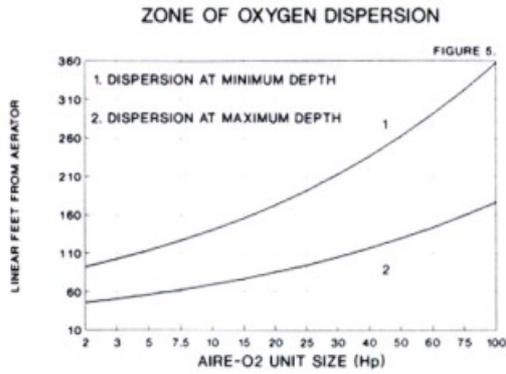
Los sólidos gruesos retenidos en las rejillas de la estación de bombeo serán retirados semanalmente. Esta extracción será manual, utilizando una pala plástica, Cepillo y fundas para remover y depositar los sólidos pegados en las rejillas. Las canastillas de la estación de bombeo tienen una polea que permite su levantamiento para realizar el respectivo mantenimiento, esto se detalla en los planos de la sección anexos. Además es de suma importancia que el operador utilice los Equipos de protección personal necesarios para salvaguardar su integridad física. (Guantes, impermeable, lentes de protección, botas, mascarillas). Los sólidos serán dispuestos en fundas selladas y colocados en tanques o reservorios metálicos con tapa, para su posterior recolección por la empresa Concesionaria de Servicios Puerto Limpio.

103. EQUIPOS DE AIREACIÓN

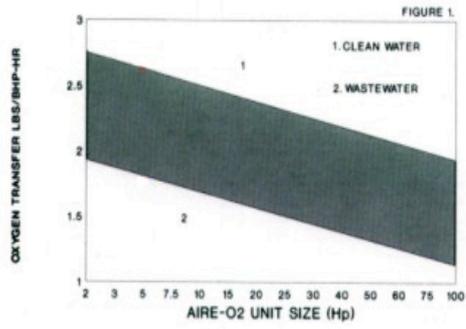
El aireador AIRE 02, es un aireador / mezclador de aspiración con hélice. El aire atmosférico es descargado debajo de la superficie del agua y mezclado por medio de una hélice giratoria. El eje motriz de la hélice es hueco y se extiende desde el eje del motor a través de un cojinete inferior donde están unidos la hélice y el difusor, teniendo aberturas por encima de la superficie del agua para permitir la entrada del aire atmosférico en el tubo hueco.

El aire, incluyendo el oxígeno, se difunde formando burbujas finas producidas por el flujo horizontal creado por la hélice. El tamaño medio de las burbujas producidas es de 2,0 milímetros, que es aproximadamente el tamaño óptimo de 2,2 milímetros establecido por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA) de EE.UU. para difusores de poros finos. El oxígeno es absorbido por el agua y la biomasa durante el tiempo que hace contacto con las burbujas finas. Estas burbujas se dispersan por una gran zona de influencia proporcionando un amplio tiempo de contacto con el agua.

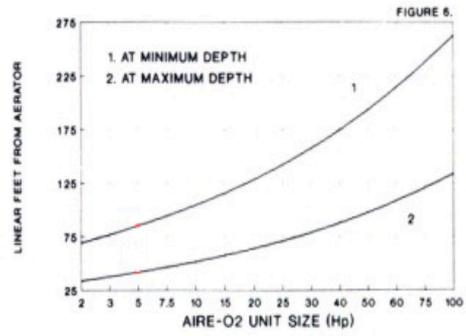
El ángulo formado por el aireador y la superficie del agua puede variar entre 30 y 90 grados durante la operación. El AIRE O2 también puede inclinarse y sacarse fuera del agua para su mantenimiento. Normalmente el AIRE O2 está a 45 grados.



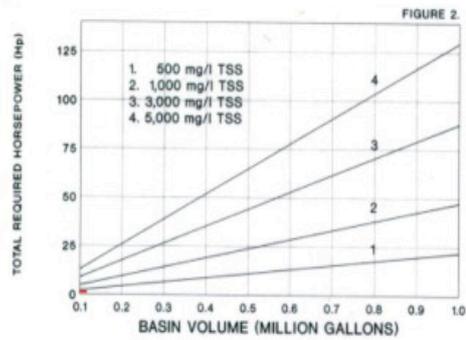
OXYGEN TRANSFER EFFICIENCY



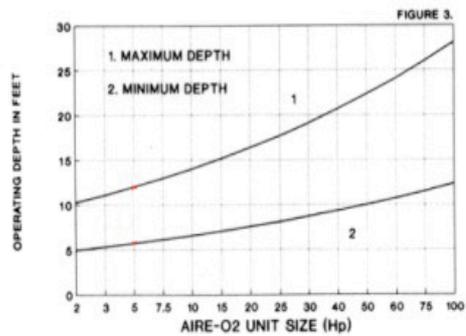
ZONE OF COMPLETE MIX



COMPLETE MIX HORSEPOWER

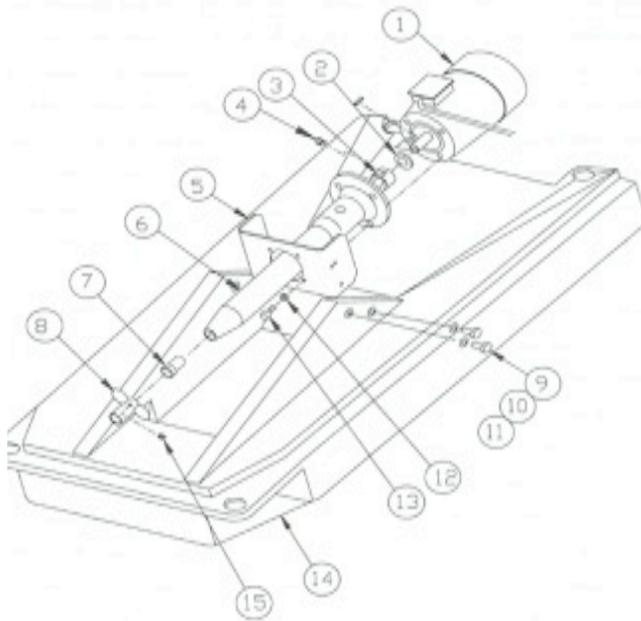


MINIMUM/MAXIMUM OPERATING DEPTH



104. Dibujos de Ensamblaje

AIRE-O2® SERIES II 60HZ (NEMA) AERATOR



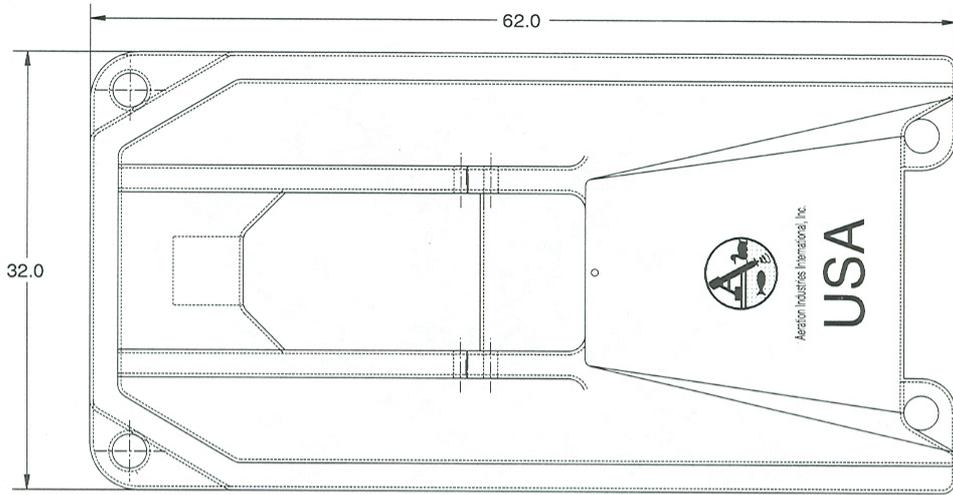
EM #	PART #	60 HZ NEMA Aerator DESCRIPTION	QTY.
------	--------	-----------------------------------	------

60 HZ NEMA Aerator

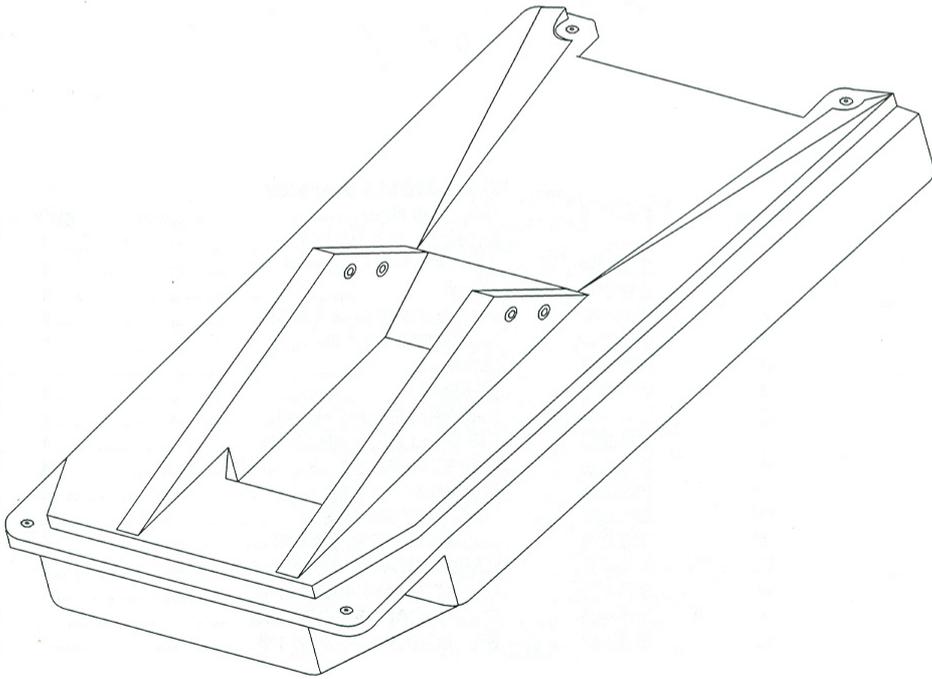
ITEM#	PART#	DESCRIPTION	QTY.
*1	-----	MOTOR (SEE NOTE)	1
2	215-559	SPACER FOR 2&3HP	1
3	239-205	SHAFT	1
4	215-190	SET SCREW 5/16 x 5/16	2
5	214-779	MOUNTING PLATE	1
6	330-068	HOUSING	1
7	213-055	BEARING	1
8	234-148	PROPELLER 5 HP 60HZ	1
	234-150	PROPELLER 7.5HP 60HZ	1
9	215-089	CAPSCREW, 3/8-16 x 3.0 S.S	4
10	215-104	FLATWASHER 3/8 S.S.	8
11	215-081	LOCKNUT 3/8-16 S.S.	4
12	215-026	LOCKWASHER 3/8 S.S.	4
13	215-032	CAPSCREW 3/8-16UNCx11/4 S.S.	4
14	336-025	FLOAT, STAKE MOORING	1
	336-026	FLOAT, CABLE MOORING	1
15	215-153	SET SCREW 1/4-20 x 1/8	1

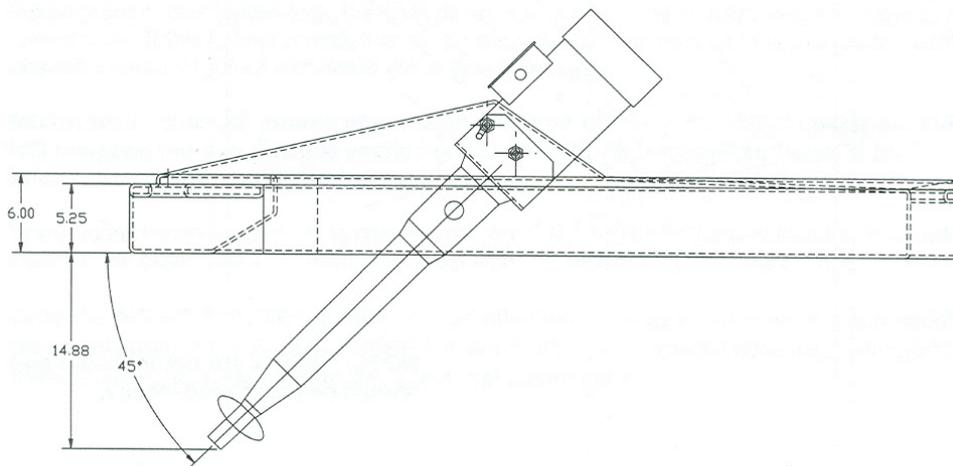
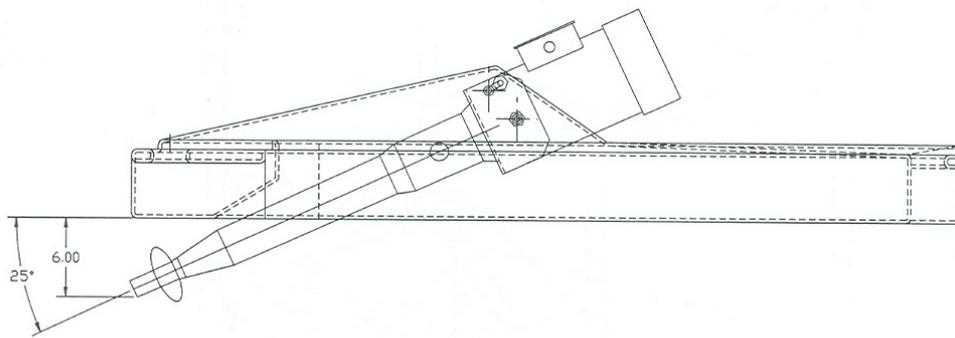
NOTE: 510-354 5HP 3PH 60HZ 1.15SF

510-360 7.5HP 3PH 60HZ 1.15SF



336-025





105. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar las siguientes actividades antes y durante la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales:

- Capacitación de los operadores
- Seguir estrictamente las pruebas de control recomendadas.
- Leer y entender el Manual de Operación y Mantenimiento proporcionado por el proveedor.
- El proveedor de los equipos deberá prestar su asesoría durante la construcción del proyecto y verificar la correcta instalación y puesta en marcha de los equipos.
- Se recomienda realizar un mantenimiento mensual con personal especializado para ello, contratando a una empresa que tenga el equipamiento y el conocimiento de cómo realizar dicho mantenimiento.
- Se recomienda respetar las especificaciones técnicas de los equipos detallados anteriormente para evitar problemas posteriores.



106. BIBLIOGRAFÍA

- LAWRENCE, A. W. y McCARTY. Aguas Residuales para tratamiento biológico- diseño y operación.
- METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales, tratamiento vertido y reutilización, 3era. edición, volumen 1. 1995.
- METCALF & EDDY. Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, 4th Edition, United States of America. 2003.
- HOOVER, S.R. y PORGES, Asimilación de desechos diarios por el sistema de lodos activado, ecuación y utilización de oxígeno.
- PACHECO, E.; ARRUDA, C. – "Tratamiento de Esgotos Domésticos". 4ª Edición. Editorial SEGRAC. Brasil. 2005.
- RAMALHO. R. S. Tratamiento de Aguas Residuales. 1ª Edición revisada. Editorial REVERTÉ, S. A. España. 2003.
- CRITES Y TCHOBANOGLOUS. Tratamiento De Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Mc Graw-Hill. 2000.
- G. MOELLER, A. RAMIREZ, S. GARRIDO, C. DIAZ. Tratamiento, Disposición y Aprovechamiento de Lodos Residuales. 1ª Edición. Instituto Mexicano de Tratamiento de Aguas (IMTA). México. 2005.
- MUELLER, J. A., Boyle, W. & Popel, H. J. 2002. Aeration: Principles and Practice. Water Quality Management Library. CRC PRESS. Volumen 11, Washington D.C, United States of America.
- ECKENFELDER, W. W & GRAU, P. 1992. Activated Sludge Process Design and Control: Theory and Practice. Water Quality Management Library, CRC PRESS. Volumen 1, United States of America.

- ROMERO ROJAS, J. Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. 3ª Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá-Colombia. 2004.
- SPELLMAN, F. Mathematic Manual for Water and Wastewater Treatment Plant Operators. 1st Edition. Ed. CRC PRESS. United States of America. 2004.
- RONZANO, E.; DAPENA, J. L. Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales. 1ª Edición. Editorial PRIDESA. España. 2002
- REYNOLDS. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. 2nd Edition. Ed. PWS-Publishing Company. United States of America. 1995
- Ven Te Chaw, 2000. Hidráulica de canales abiertos, Mc Graw Hill, Bogotá, Colombia. Capítulo 4
- SHUN DAR LIN. Manual de Cálculos de Agua y Agua Residual. 2001.
- Texto base de Revisión de la Norma Brasileira NBR 12.209 – “Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitários de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários” (Agosto/ 2006)
- Legislación Ambiental control de contaminación. Tomo 5, actualizada sep.2003.
- WEF Manual of Practice. NO.OM-09 Activated Sludge. 2nd Edition. United States. 2002.
- EPA- 600/ 2 82-003, Tecnología de tratamiento de oxígeno, mediante aireadores de burbuja fina.
- EPA 600/9-78 02, Métodos estándar para determinar transferencia de oxígeno.
- PROBE, 1994. Basic Activated Sludge Process Control. Water Environmental Federation. Pp:43-131.

