

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:
INGENIERO QUÍMICO

TEMA:

**“TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN
LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA UNA
POBLACIÓN DE 10000 HABITANTES”**

AUTORES:

DENISSE PAMELA SANDOVAL BERMEO
VICTOR DANIEL CISNEROS VEINTIMILLA

DIRECTOR:

ING. JOSÉ RODRÍGUEZ WEBSTER

MARZO/2012

GUAYAQUIL

ECUADOR

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ACTA DE APROBACIÓN

TÍTULO DE LA TESIS DE INVESTIGACIÓN

**TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN LAGUNA DE OXIDACIÓN
PARA UNA POBLACIÓN DE 10000 HABITANTES.**

INFORME TÉCNICO PRESENTADO POR:

**DENISSE PAMELA SANDOVAL BERMEO
VICTOR DANIEL CISNEROS VEINTIMILLA**

APROBADO EN SU ESTILO Y CONTENIDO POR:

.....
**Ing. Carlos Décker Coello
DIRECTOR DEL CURSO**

.....
**Ing. Shirley Sánchez Medina
COORDINADORA ACADÉMICA**

.....
**Ing. José Rodríguez Webster
TUTOR DE LA TESIS**

LA RESPONSABILIDAD DEL CONTENIDO
COMPLETO PRESENTADO EN ESTE
INFORME TÉCNICO, CORRESPONDE
EXCLUSIVAMENTE AL AUTOR:

.....

.....

INDICE

DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
PROBLEMA	8
DIAGNOSTICO	8
OBJETO	9
OBJETIVO	9
VARIABLES Y OPERACIONALIDAD	10
CAPITULO 1	11
MATERIA PRIMA	13
CARACTERISTICAS CUALITATIVAS	15
CAPITULO 2	19
INGENIERIA	20
TIPOS DE LAGUNA DE ESTABILIZACION	20
SELECCIÓN DE PROCESO	25
VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS	
LAGUNAS DE ESTABILIZACION	29
FACTORES CLIMATICOS QUE AFECTAN A LAS LAGUNAS	30
FACTORES FISICOS	32
FACTORES QUIMICOS Y BIOQUIMICOS	33
OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL	35
TEORIA DE DISEÑO DE LAGUNA DE ESTABILIZACION	37
DISEÑO DEL PROCESO	42
BALANCE DE MATERIA	43
BALANCE DE ENERGIA	43
PLANOS	44
DIAGRAMA DE PROCESO	45
PLANO MAESTRO	6
LAYOUT VISTA LATERAL DERECHA	47
LAYOUT VISTA POSTERIOR	48

LAYOUT VISTA LATERAL IZQUIERDA	49
LAYOUT VISTA LATERAL FRONTAL	50
CAPITLO 3	51
COSTOS	52
COSTOS DEL PRODUCTO	52
CARGA FABRIL	53
MATERIAL INDIRECTO	53
DEPRECIACION	53
SUMINISTROS	54
REPARACION Y MANTENIMIENTO	54
GASTOS ADMINISTRATIVOS	54
COSTOS DEL PRODUCTO	55
BIBLIOGRAFIA	56
ANEXOS	57

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres.

Por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A nuestros maestros.

Ing. José Rodríguez por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; a la Ing. Shirley Sánchez, Ing. Carlos Decker, Ing. Raúl Serrano, Dr. Luis Zalamea, Ing. Valdez, por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

Denisse y Daniel.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme cada día y guiarme en el camino de la vida,

A mi familia por hacer perfecto todo aquello en lo que creo,

A mis maestros por ser el ejemplo de profesionalidad que nunca he olvidado,

A mis profesores, compañeros de trabajo, amigos...

...y todos aquellos que hicieron posible la confección y elaboración de este trabajo.

Denisse y Daniel

TEMA: TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA UNA POBLACIÓN DE 10000 HABITANTES

El problema

El aumento constante de aguas servidas de procedencia doméstica, en las que hay exceso de restos orgánicos, cantidades de detergentes y otros residuales que transforman el equilibrio de las aguas, generando en ella contaminación que se agrava con la presencia de microorganismos. Todas estas circunstancias causan grave daño a las vertientes directas al suelo y al mar.

Se debe tomar en cuenta que las variadas especies de animales y vegetales que se desarrollan en los hábitat acuáticos, ellos cumplen diariamente la función de oxidación de las aguas y de limpiarlas de organismos nocivos y extraños a ese hábitat. Pero la razón más determinante para la contaminación de las aguas es la concentración de población en las zonas urbanas.

El uso de las aguas para variadas actividades y servicios, genera en ellas contaminación y las convierte en aguas negras, cargadas de numerosos y muy variados agentes contaminantes.

Numerosos métodos se están utilizando aplicando en torno a estos objetivos; los que están dando mejor resultado son las lagunas de oxidación (la purificación de aguas negras) y las plantas de tratamiento.

Diagnostico del problema

Los efectos que causan las aguas residuales sin tratamiento, descargada a cuerpos hídricos receptores, constituyen una fuente de contaminación para la población, ya que

son portadores de una cantidad de compuestos químicos y microorganismos patógenos que alteran la salud humana, animal y al ecosistema.

Actualmente con el crecimiento de población en las áreas urbanas la cantidad de aguas residuales excede la capacidad de las lagunas existentes por lo que es necesario completar el sistema de tratamiento y la capacidad de estas, para evitar los contaminantes directos a las vertientes del mar cumpliendo los parámetros necesarios de descargas de efluentes líquidos a las corrientes marinas.

Objeto:

Proponer el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales que consta de un sistema de lagunas de oxidación para una población de 10000 habitantes.

Objetivo:

Diseñar cada uno de los elementos para un sistema completo de lagunas de oxidación acorde a las características físicas y químicas de las aguas residuales generadas y a la normativa y reglamentos vigentes.

Las lagunas tienen como objetivos:

1. Remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación.
2. Eliminar microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.
3. Utilizar su efluente para reutilización, con otras finalidades, como riego.

Variables y Operacionalidad.

La eficiencia de la depuración del agua residual en lagunas de estabilización depende ampliamente de las condiciones climáticas de la zona, temperatura, radiación solar, frecuencia y fuerza de los vientos locales, y factores que afectan directamente a la biología del sistema.

Las lagunas de estabilización operan con concentraciones reducidas de biomasa que ejerce su acción a lo largo de periodos prolongados. La eliminación de la materia orgánica en las lagunas de estabilización es el resultado de una serie compleja de procesos físicos, químicos y biológicos, entre los cuales se pueden destacar dos grandes grupos.

- Sedimentación de los sólidos en suspensión, que suelen representar una parte importante (40-60 % como DBO_5) de la materia orgánica contenida en el agua residual, produciendo una eliminación del 75-80 % de la DBO_5 del efluente.
- Transformaciones biológicas que determinan la oxidación de la materia orgánica contenida en el agua residual.

Los procesos biológicos más importantes que tienen lugar en una laguna son:

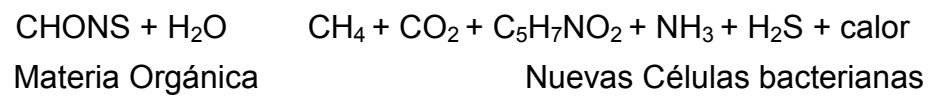
1. Oxidación de la materia orgánica por bacterias aerobias.

La respiración bacteriana provoca la degradación de la DBO_5 del agua residual hasta CO_2 y H_2O produciendo energía y nuevas células.

2. Producción fotosintética de oxígeno.

La fotosíntesis algal produce, a partir de CO_2 , nuevas algas, y O_2 , que es utilizado en la respiración bacteriana.

3. Digestión anaeróbica de la materia orgánica con producción de metano.



Capítulo I

MATERIA PRIMA

MATERIA PRIMA

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

Así, de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

Domésticas: son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

Industriales: son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales,

que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.

Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

Se asume un caudal por persona de 120 L/cápita-día, una población de 10,000 habitantes.

OLORES GENERADOS POR LAS AGUAS RESIDUALES

Los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases formados en el proceso de descomposición anaerobia. Principales tipos de olores:

- **Olor a moho:** razonablemente **soportable**: típico de agua residual fresca
- **Olor a huevo a podrido:** “insoportable”; típico del agua residual vieja o séptica, que ocurre debido a la formación de sulfuro de hidrógeno que proviene de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos.
- **Olores variados:** de productos descompuestos, como repollo, legumbres, pescado, de materia fecal, de **productos** rancios, de acuerdo con el predominio de productos sulfurosos, nitrogenados, ácidos orgánicos, etc.

CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es apenas el medio de transporte de los sólidos.

El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos.

Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua.

La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos. Las proteínas son el principal componente del organismo animal, pero también están presentes también en los vegetales. El gas sulfuro de hidrógeno presente en las aguas residuales proviene del Azufre de las proteínas.

Los carbohidratos son las primeras sustancias degradadas por las bacterias, con producción de ácidos orgánicos (por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez). Entre los principales ejemplos se pueden citar los azúcares, el almidón, la celulosa y la lignina (madera).

Los lípidos (aceites y grasas) incluyen gran número de sustancias que tienen, generalmente, como principal característica común la insolubilidad en agua, pero

son solubles en ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno. Están siempre presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en cocinas. Pueden estar presentes también bajo la forma de aceites minerales derivados de petróleo, debido a contribuciones no permitidas (de estaciones de servicio, por ejemplo), y son altamente indeseables, porque se adhieren a las tuberías, provocando su obstrucción.

Las grasas no son deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, provocan problemas de mantenimiento, etc.

La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. El agua residual también contiene pequeñas concentraciones de gases disueltos. Entre ellos, el más importante es el oxígeno proveniente del aire que eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento. Además, del Oxígeno, el agua residual puede contener otros gases, como dióxido de Carbono, resultante de la descomposición de la materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, sulfuro de hidrógeno formado por la descomposición de compuestos orgánicos, gas amoníaco y ciertas formas inorgánicas del Azufre. Estos gases, aunque en pequeñas cantidades, se relacionan con la descomposición y el tratamiento de los componentes del agua residual.

Los contaminantes importantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales se presentan en la siguiente tabla.

Contaminantes	Motivo de su importancia
Sólidos Suspendidos	Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del Oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas.
Microorganismos Patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
Nutrientes	Tanto el Nitrógeno como el Fósforo, junto con el Carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesiva en el suelo, pueden contaminar también el agua subterránea.
Contaminantes importantes	Compuestos orgánicos e inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogenicidad, teratogenicidad o elevada toxicidad. Muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, pesticidas agrícolas, etc.
Metales pesados	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.

(Romero, 1999. Contaminación por escorrentía urbana).

Efectos causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales

Contaminantes	Parámetro de caracterización	Tipo de efluentes	Consecuencias
Sólidos suspendidos	Sólidos suspendidos totales	☐ Domésticos ☐ Industriales	☐ Problema estéticos ☐ Depósitos de barros ☐ Adsorción de contaminantes ☐ Protección de patógenos
Sólidos flotantes	Aceites y grasas	☐ Domésticos ☐ Industriales	☐ Problemas estéticos
Materia orgánica biodegradable	DBO	☐ Domésticos ☐ Industriales	☐ Consumo de Oxígeno ☐ Mortalidad de peces ☐ Condiciones sépticas
Patógenos	Coliformes	☐ Domésticos	Enfermedades transmitidas por el agua
Nutrientes	Nitrógeno Fósforo	☐ Domésticos ☐ Industriales	☐ Crecimiento excesivo de algas (eutrofización del cuerpo receptor) ☐ Toxicidad para los peces (amonio) ☐ Enfermedades en niños(nitratos) ☐ Contaminación del agua subterránea.
Compuestos no biodegradables	Pesticidas Detergentes Otros	☐ Industriales ☐ Agrícolas	☐ Toxicidad (varios) ☐ Espumas (detergentes) Reducción de la transferencia de Oxígeno(detergentes) ☐ No biodegradabilidad ☐ Malos olores
Metales pesados	Elementos específicos (As, Cd, Cr. Cu, Hg, Ni, Pb, Zn.)	☐ Industriales	☐ Toxicidad ☐ Inhibición al tratamiento biológico de las aguas residuales ☐ Problemas con la disposición de los barros en la agricultura ☐ Contaminación del agua subterránea

(Romero, 1999. Contaminación por escorrentía urbana).

CAPÍTULO II

INGENIERIA

INGENIERÍA

TIPOS DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

Las lagunas de estabilización suelen clasificarse en:

- Aerobias.
- Anaerobias.
- Facultativas.
- Maduración.

Lagunas aerobias.

Reciben aguas residuales que han sido sometidos a un tratamiento y que contienen relativamente pocos sólidos en suspensión. En ellas se produce la degradación de la materia orgánica mediante la actividad de bacterias aerobias que consumen oxígeno producido fotosintéticamente por las algas.

Son lagunas poco profundas de 1 a 1.5m de profundidad y suelen tener tiempo de residencia elevada, 20-30 días (Romero, 1999).

Las lagunas aerobias se pueden clasificar, según el método de aireación sea natural o mecánico, en aerobias y aireadas.

a. Lagunas aerobias: la aireación es natural, siendo el oxígeno suministrado por intercambio a través de la interfase aire-agua y fundamentalmente por la actividad fotosintética de las algas.

b. Lagunas aireadas: en ellas la cantidad de oxígeno suministrada por medios naturales es insuficiente para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, necesitándose un suministro adicional de oxígeno por medios mecánicos.

El grupo específico de algas, animales o especies bacterianas presentes en cualquier zona de una laguna aerobia depende de factores tales como la carga orgánica, el grado de mezcla de la laguna, el pH, los nutrientes, la luz solar y la temperatura.

Lagunas anaerobias.

El tratamiento se lleva a cabo por la acción de bacterias anaerobias. Como consecuencia de la elevada carga orgánica y el corto periodo de retención del agua residual, el contenido de oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año. El objetivo perseguido es retener la mayor parte posible de los sólidos en suspensión, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo y eliminar parte de la carga orgánica.

La estabilización en estas lagunas tiene lugar mediante las etapas siguientes.

- **Hidrólisis:** los compuestos orgánicos complejos e insolubles en otros compuestos más sencillos y solubles en agua.
- **Formación de ácidos:** los compuestos orgánicos sencillos generados en la etapa anterior son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos. Produciéndose su conversión en ácidos orgánicos volátiles.

- **Formación de metano:** una vez que se han formado los ácidos orgánicos, una nueva categoría de bacterias actúa y los utiliza para convertirlos finalmente en metano y dióxido de carbono.

Las lagunas anaerobias suelen tener profundidad entre 2 y 5 m, el parámetro más utilizado para el diseño de lagunas anaerobias es la carga volumétrica que por su alto valor lleva a que sean habituales tiempos de retención con valores comprendidos entre 2-5 días.

Lagunas facultativas.

Son aquellas que poseen una zona aerobia y una anaerobia, siendo respectivamente en superficie y fondo. La finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionando principalmente por las algas presentes.

En este tipo de lagunas se puede encontrar cualquier tipo de microorganismos, desde anaerobios estrictos, en el fango del fondo, hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie. Además de las bacterias y protozoarios, en las lagunas facultativas es esencial la presencia de algas, que son los principales suministradoras de oxígeno disuelto.

El objetivo de las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes y bacterias coliformes.

La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2 m para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical.

Las bacterias y algas actúan en forma simbiótica, con el resultado global de la degradación de la materia orgánica. Las bacterias utilizan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar en forma aeróbica los compuestos orgánicos. En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxido de carbono en grandes cantidades, estos son utilizados por las algas en su crecimiento. De esta forma, la actividad de ambas es mutuamente beneficiosa.

En la siguiente figura se representa un diagrama de la actividad coordinada entre algas y bacterias.

En una laguna facultativa existen tres zonas:

1. Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica, como se ha descrito anteriormente.
2. Una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias.
3. Una zona intermedia, que es parcialmente aerobia y anaerobia, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo las bacterias facultativas. Los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de

fango anaerobio. Los materiales orgánicos sólidos y coloidales se oxidan por la acción de las bacterias aerobias y facultativas empleando el oxígeno generado por las algas presentes cerca de la superficie. El dióxido de carbono, que se produce en el proceso de oxidación orgánica, sirve como fuente de carbono por las algas. La descomposición anaerobia de los sólidos de la capa de fango implica la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases tales como el CO_2 , H_2S y el CH_4 , que o bien se oxidan por las bacterias aerobias, o se liberan a la atmósfera

Zonas de la laguna facultativa

Lagunas de maduración.

Este tipo de laguna tiene como objetivo fundamental la eliminación de bacterias patógenas. Además de su efecto desinfectante, las lagunas de maduración cumplen otros objetivos, como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado.

Las lagunas de maduración se construyen generalmente con tiempo de retención de 3 a 10 días cada una, mínimo 5 días cuando se usa una sola y profundidades de 1 a 1.5 metros. En la práctica el número de lagunas de maduración lo determina el tiempo de retención necesario para proveer una remoción requerida de coliformes fecales.

Las lagunas de maduración suelen constituir la última etapa del tratamiento, por medio de una laguna facultativa primaria o secundaria o de una planta de tratamiento convencional, debido a la eliminación de agentes patógenos, si se reutiliza el agua depurada.

SELECCIÓN DE PROCESOS

Tomar las previsiones necesarias para las futuras ampliaciones de las plantas y para el secado de los lodos, aprovechando la ley de ordenamiento territorial, para evitar que existan futuras urbanizaciones en las zonas adyacentes.

Que se realicen los estudios geológicos y se hagan las pruebas de infiltración para cada diseño, pruebas de suelo, bancos de préstamo y distancias de acarreo.

Considerar las posibilidades para que las aguas del efluente sean utilizadas para el re-uso, especialmente en el riego, considerando el cumplimiento con las normas de calidad de agua para riego (OPS). Esto debe observarse como alternativa desde la fase de diseño.

Contemplar que las estructuras de salida de las lagunas tengan un diseño que permitan el vaciado completo de la laguna, como una alternativa de secado de lodos.

A partir de los lodos extraídos, desarrollar condiciones de espacio para la producción de compost.

Cuando se hagan los diseños se debe considerar la construcción de un vertedor de exceso de caudal para evitar la sobrecarga de las lagunas en épocas de altas precipitaciones pluviales.

Normar los procesos de diseño, a fin que se proceda a realizar revisiones de los mismos

(Implementar una oficina especializada de tratamiento de aguas dentro de SANAA o ente regulador la responsabilidad de sistematizar los diseños.)

Reglamentar el pago de las inversiones fuera de sitio al momento de análisis de tarifas o cálculos de recuperación de la inversión, con esto se protege además la sostenibilidad de las acciones de operación y mantenimiento.

Investigación e identificación de los efluentes de las industrias, de forma que estas establezcan un pretratamiento respetando las normas de calidad de descargas en alcantarillado sanitario; con esto se garantiza que estos efluentes no inhiban el tratamiento biológico en las lagunas.

Diseño Físico

Reglamentar las conexiones ilícitas, la investigación de aguas lluvias y la caracterización de industrias.

Considerar la construcción de obra de medición de caudal, rejilla y desarenador, garantizando la operación diaria de la laguna con personal entrenado.

Mantener en el cargo al personal de operación, sin que sean afectados por aspectos políticos.

Se debe considerar la medición de caudales a la entrada y salida, para el concluir sobre el balance hídrico en la laguna.

Investigación de las condiciones climatológicas, considerando la precipitación, radiación solar, temperatura, velocidad y dirección del viento.

El periodo de retención en las lagunas facultativas sea de 10 días como mínimo, teniendo como referencia la remoción de patógenos especialmente helmintos.

Cuando no se disponga de terreno para expansión de tratamiento, se debe de optar por lagunas aireadas, a manera de una transición tecnológica, considerando el aspecto de decantación de sólidos posterior a la aeración.

Antes del diseño, practicar una evaluación ambiental para cada proyecto implicando las condiciones socioeconómicas del lugar.

Poner especial atención en la construcción de taludes, corona y rampas de acceso para remoción de lodos.

Construir la caseta de vigilancia con todos los servicios y equipo necesario para el desarrollo del trabajo; Esta debe estar estratégicamente ubicada dependiendo del tipo de lagunas operadas.

En cuanto al manejo de natas, es muy importante se considere la distancia del punto de deposición final y un equipo de traslado que reduzca el esfuerzo físico del operador.

Considerar el crecimiento de la población y el desarrollo de la comunidad, para optimizar la selección de procesos de tratamiento.

Para futuros diseños se recomienda que los procesos mínimos sea de dos módulos paralelos con entradas múltiples y cada uno con dos unidades en serie ideal tres.

El tiempo de retención mínimo será de tres días para lagunas anaeróbicas.

Considerar aspectos paisajísticos en los alrededores de las obras.

Especificaciones Técnicas

Que se revisen las normas y que se agregue el indicador de eficiencia de remoción de helmintos

Que se certifiquen los laboratorios de análisis de calidad de agua

Que se definan los parámetros de control de procesos y se establezca la frecuencia y metodología de análisis del laboratorio.

Integrar un grupo interdisciplinario para la creación de las normas.

Estandarizar los procesos del muestreo y monitoreo

El diseño, y construcción deberán ser realizados con todas las especificaciones y por personal especializado.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

Ventajas.

- La estabilización de la materia orgánica alcanzada es muy elevada.
- La eliminación de microorganismos patógenos es muy superior a la alcanzada mediante otros métodos de tratamiento.
- Presentan una gran flexibilidad en el tratamiento de puntas de carga y caudal.
- Pueden emplearse para el tratamiento de aguas residuales industriales con altos contenidos en materia biodegradables.
- Desde el punto de vista económico, es mucho más barato que los métodos convencionales, con bajos costos de instalación y mantenimiento.
- El consumo energético es nulo.
- En el proceso de lagunaje se generan biomásas potencialmente valorizables una vez separada del efluente.

Inconvenientes.

- La presencia de materia en suspensión en el efluente, debido a las altas concentraciones de fitoplancton.
- Ocupación de terreno, que es superior a la de otros métodos de tratamiento.
- Las pérdidas considerables de agua por evaporación en verano.

FACTORES CLIMÁTICOS QUE AFECTAN A LAS LAGUNAS.

Temperatura.

Las reacciones físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en las lagunas de estabilización son muy influenciadas por la temperatura

En general y para los intervalos de temperatura normales en las lagunas, se puede decir que la velocidad de degradación aumenta con la temperatura, en especial en lo que concierne a la actividad de las bacterias. Estos fenómenos son retardados por las bajas temperaturas. Por eso, el proyecto de las lagunas debe tener en cuenta siempre las condiciones de temperaturas mas adversas.

Una caída de 10°C en la temperatura reducirá la actividad microbiológica aproximadamente 50%. La actividad de fermentación del lodo no ocurre significativamente en temperaturas por debajo de 17° C (Rolim, 2000).

Radiación solar.

La luz es fundamental para la actividad fotosintética, ésta depende no solo de la luz que alcanza la superficie del agua, sino de la que penetra en profundidad. Como la

intensidad de la luz varía a lo largo del año, la velocidad de crecimiento de las algas cambia de misma forma. Este fenómeno da lugar a dos efectos: el oxígeno disuelto y el pH del agua presentan valores mínimos al final de la noche, y aumentan durante las horas de luz solar hasta alcanzar valores máximos a media tarde.

Viento.

El viento tiene un efecto importante en el comportamiento de las lagunas, ya que induce a la mezcla vertical del líquido de la laguna, una buena mezcla asegura una distribución más uniforme de DBO, oxígeno disuelto (importante para lagunas aerobias y facultativas), bacterias y algas y por lo tanto un mejor grado de estabilización del agua residual. En ausencia de mezcla inducida por el viento, la población de algas tiende a estratificarse en banda estrecha, de unos 20 cm de ancho, durante las horas de luz del día. Esta banda concentrada de algas se mueve hacia arriba o hacia abajo en la capa superior, de 50 cm de espesor

Evaporación.

La repercusión principal de la evaporación es la concentración de los sólidos que contiene el agua almacenada. El consiguiente aumento de la salinidad puede resultar perjudicial si el efluente se va a emplear en riego.

Precipitación.

El oxígeno disuelto suele bajar después de tormentas debido a la demanda adicional de oxígeno provocada por los sólidos arrastrados por el agua de lluvia y

los sedimentos de las lagunas que se mezclan con la columna de agua. Otro efecto de la lluvia es una cierta oxigenación en la zona superficial de las lagunas, debido tanto al propio contenido en oxígeno de la lluvia como a la turbulencia que provoca con su caída.

FACTORES FÍSICOS.

Estratificación.

La densidad del agua cambia con la temperatura, es mínima a 4 °C y aumenta para temperaturas mayores o menores, el agua más cálida es más ligera y tiende a flotar sobre las capas más frías. Durante los meses de primavera y verano el calentamiento tiene lugar desde la superficie, la capas superiores están más calientes que las inferiores, son menos densas y flotan sobre ellas sin que se produzca la mezcla entre unas y otras.

Durante la primavera, la mayoría de las lagunas tienen una temperatura casi uniforme, por lo tanto se mezclan con facilidad gracias a las corrientes inducidas por los vientos. Cuando se aproxima el verano, las aguas de las capas superiores se calientan y su densidad disminuye produciéndose una estratificación estable.

Flujo a través de las lagunas.

La circulación del agua a través de la laguna viene afectada por la forma y tamaño de ésta, la situación de entradas y salidas, velocidad y dirección de los vientos dominantes y la aparición de diferencias de densidad dentro de la misma. Las anomalías de flujo más frecuentes se manifiestan en la aparición de zonas

muerdas, es decir, partes de la laguna en las que el agua permanece estancada durante largos periodos de tiempo.

Profundidad.

La profundidad de las lagunas es normalmente 1.5, aunque se pueden usar profundidades entre 1 y 2 m. El límite inferior viene condicionado a la posibilidad de crecimiento de vegetación emergente para profundidades menores, lo cual se desaconseja normalmente para evitar el desarrollo de mosquitos (Romero, 1999).

Existen varias razones por las que en estos sistemas profundos se obtiene mayor eficacia de tratamiento como es la mayor productividad de las algas en un medio en el que tienden a sedimentar en la zona profunda y morir. La zona profunda tiende a estar en condiciones anaerobias, y en ella se produce la degradación lenta de compuestos orgánicos y microorganismos sedimentados desde la superficie. De esta forma se generan nutrientes solubles que se reincorporan a la capa superficial y contribuyen a la actividad biológica.

En las zonas climas cálidos la mayor profundidad repercute en una disminución de la evaporación relativa, lo que es beneficioso desde el punto de vista del almacenamiento para riegos como para evitar aumentos de salinidad en el efluente.

FACTORES QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS.

pH

El valor de pH en las lagunas viene determinado fundamentalmente por la actividad fotosintética del fitoplancton y la degradación de la materia orgánica por las

bacterias. Las algas consumen anhídrido carbónico en la fotosíntesis, lo que desplaza el equilibrio de los carbonatos y da lugar a un aumento del pH. Por otra parte, la degradación de la materia orgánica conduce a la formación de dióxido de carbono como producto final, lo que causa una disminución de pH.

Como la fotosíntesis depende de la radiación solar, el pH de las lagunas presenta variaciones durante el día y el año. Cuanto mayor es la intensidad luminosa, los valores del pH son más altos. Estas variaciones diarias son muy marcadas en verano, cuando pueden alcanzarse valores de pH en torno a 9 o mayores, partiendo de valores de 7-7.5, al final de la noche.

Oxígeno disuelto.

El contenido en oxígeno disuelto es uno de los mejores indicadores sobre el funcionamiento de las lagunas. La principal fuente de oxígeno disuelto es la fotosíntesis, seguida por la reaireación superficial. La concentración de oxígeno disuelto presenta una variación senoidal a lo largo del día. El contenido en oxígeno es mínimo al amanecer y máximo por la tarde, y puede oscilar entre un valor nulo hasta la sobresaturación. Durante el verano es posible encontrar que las capas superficiales de las lagunas están sobresaturadas de oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto presenta variaciones importantes en profundidad. La concentración de oxígeno disuelto es máxima en superficie, y a medida que aumenta la profundidad va disminuyendo hasta anularse. La profundidad a la que se anula el oxígeno disuelto se llama oxipausa, y su posición depende de la actividad fotosintética, el consumo de oxígeno por las bacterias y el grado de mezcla

inducido por el viento. En invierno la capa oxigenada tiende a ser mucho mas reducida que en verano.

Nutrientes.

Los nutrientes son fundamentales para la buena marcha del tratamiento en lagunas. A medida que progresa la depuración se va produciendo una eliminación de nutrientes que puede dar lugar a que uno o varios alcancen concentraciones limitantes para el desarrollo subsiguiente de algas o bacterias. En lagunas de estabilización el agotamiento de nutrientes solo ocurre en pocas de intensa actividad biológica, y suelen venir de la eliminación de materia orgánica hasta los niveles máximos en este tipo de tratamiento.

OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL.

Las lagunas tienen requerimientos operacionales y de mantenimiento mínimo que, sin embargo, deben revisarse y cumplirse periódicamente, por el operador, con el objeto de eliminar problemas que frecuentemente se presentan en este tipo de plantas.

Arranque.

Antes de poner en servicio una laguna se debe realizar una inspección cuidadosa de la misma a fin de verificar la existencia de las condiciones siguientes:

- Ausencia de plantas y vegetación en el fondo y en los taludes interiores de la laguna.

- Funcionamiento y estado apropiado de las unidades de entrada, rejilla, unidades de aforo, unidades de paso y salida.

En el procedimiento para poner en funcionamiento las lagunas de estabilización se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos generales.

En lo posible las lagunas se deben de arrancar en el verano, pues a mayor temperatura se obtiene mayor eficiencia de tratamiento y menor tiempo de aclimatación.

- El llenado de las lagunas debe hacerse lo más rápidamente posible, para prevenir el crecimiento de vegetación emergente y la erosión de los taludes si el nivel del agua permanece por debajo del margen o tratamiento protegido.
- Para prevenir la generación de malos olores y el crecimiento de vegetación, las lagunas deben llenarse, por lo menos, hasta un nivel de operación de 0.6 m.

Operación y mantenimiento.

La operación y el mantenimiento de las lagunas de estabilización tiene como objetivos básicos los siguientes:

- Mantener limpias las estructuras de entrada, interconexión y salida.
- Mantener las en las lagunas facultativas primarias un color verde intenso brillante, el cual indica el pH y el oxígeno disuelto alto.
- Mantener libre de vegetación la superficie del agua.

- Mantener adecuadamente podados los taludes para prevenir problemas de insectos y erosión.

- Mantener un efluente con concentraciones mínimas de DBO y sólidos suspendidos.

Las labores típicas de operación y mantenimiento incluyen:

Mantener limpia la rejilla en todo momento, remover el material retenido, desaguarlo y enterrarlo diariamente. Es recomendable medir el volumen diario de material dispuesto.

Mantener controlada la vegetación de los diques impidiendo su crecimiento mas allá del nivel del triturado o grava de protección contra la erosión.

Remover toda la vegetación emergente en el talud interior de las lagunas

Inspeccionar y prevenir cualquier dalo en diques, cerca o unidades de entrada, interconexión y salida.

TEORIA DE DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Las lagunas de estabilización son lagunas construidas de tierra diseñadas para el tratamiento de aguas residuales por medio de la interacción de la biomasa (principalmente bacterias y algas) como se muestra en la Figura. La función real del proceso es estabilizar la materia orgánica y remover los patógenos de las aguas residuales realizando una descomposición biológica natural; normalmente se diseña el proceso para la remoción de DBO, sólidos suspendidos, y coliformes

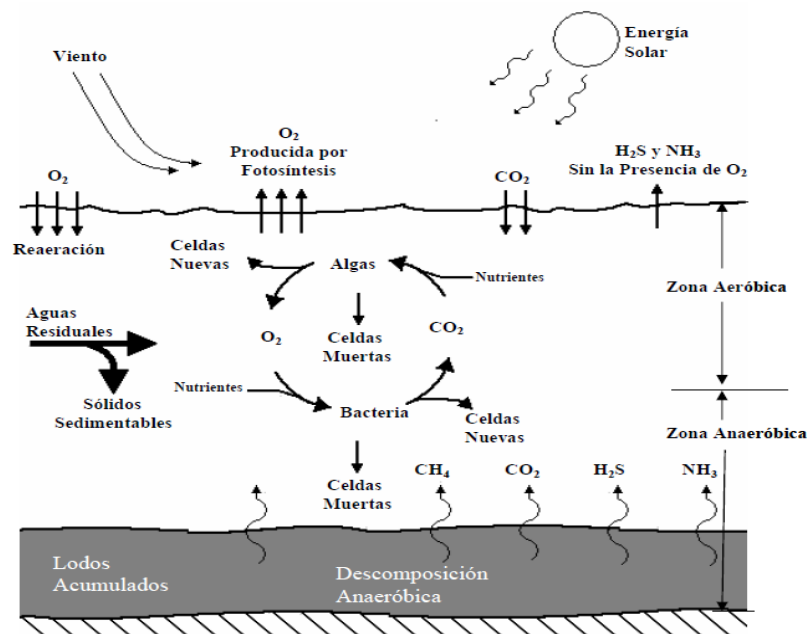
fecales. En este manual el término lagunas de estabilización incluye lagunas anaeróbicas, facultativas, y lagunas de maduración.

El propósito de una laguna anaeróbica es remover un porcentaje de la carga orgánica (DBO) y la mayoría de los sólidos suspendidos bajo condiciones anaeróbicas por la acción de bacterias anaeróbicas, y por lo tanto disminuir el área requerida para el sistema total de lagunas (Mara et al., 1992). Como consecuencia de la elevada carga orgánica, la profundidad de la laguna con mínima área, y el corto período de retención hidráulica, se mantiene el sistema ausente de oxígeno disuelto bajo condiciones anaeróbicas. La bacteria anaeróbica realiza un tratamiento de los desechos mediante una asimilación anaeróbica con la descomposición de materia orgánica y la producción de bióxido de carbono, metano y otros productos secundarios.

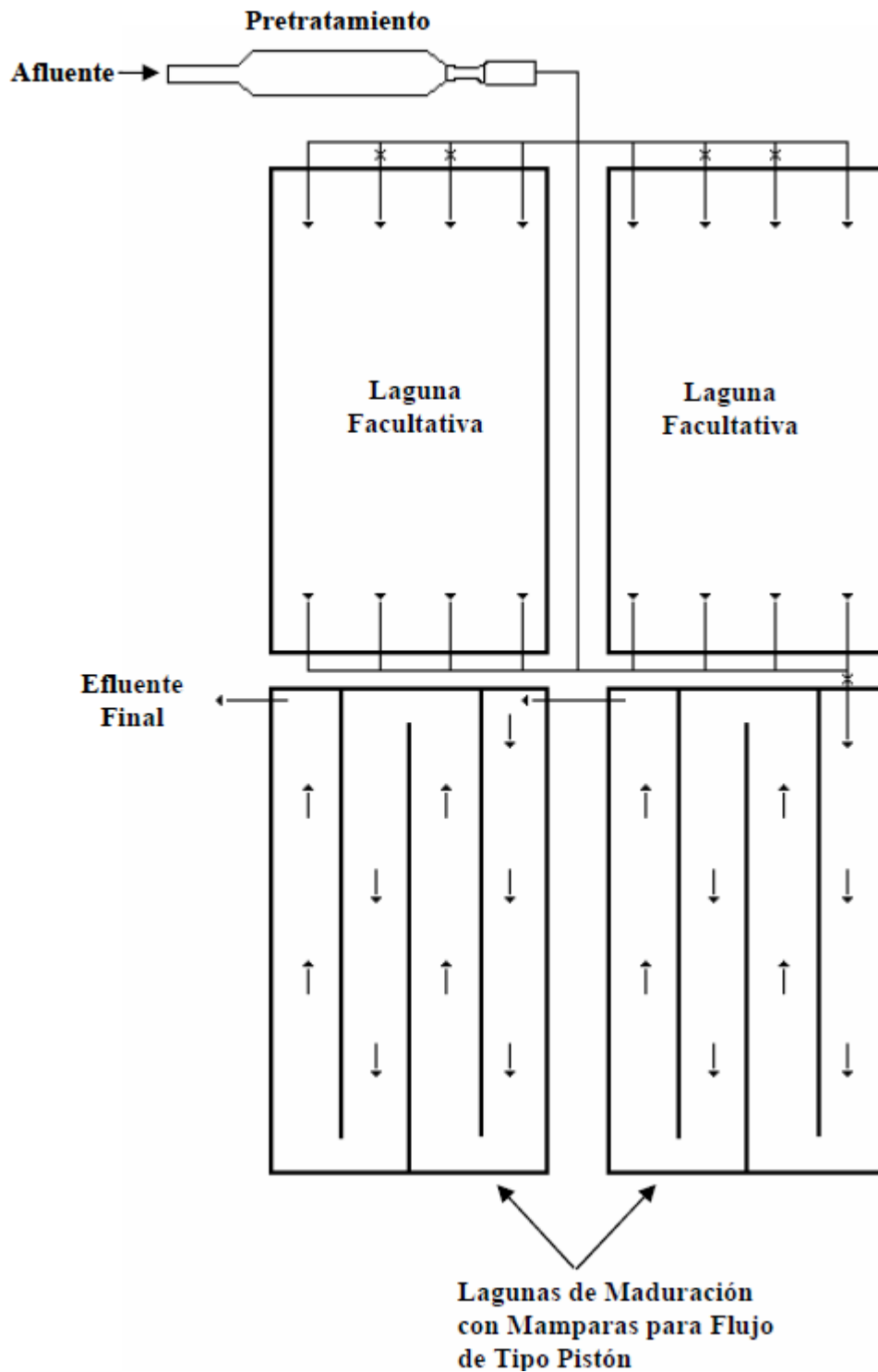
Las lagunas facultativas se caracterizan por tener una zona aeróbica en el estrato superior, donde existe la simbiosis entre algas y bacterias, y una zona anaeróbica en el fondo inferior. Existen dos mecanismos de adición de oxígeno al estrato superior: la fotosíntesis llevada a cabo por las algas, y la reaeración a través de la acción del viento de la superficie. Las bacterias aeróbicas realizan un tratamiento de los desechos, particularmente la materia orgánica disuelta, mediante asimilación y oxidación de la materia orgánica con la producción de bióxido de carbono y productos secundarios de nutrientes como amoníaco y nitrato; las algas utilizan el bióxido de carbono y los nutrientes para producir oxígeno a través de la fotosíntesis. En los niveles más profundos existen condiciones anaeróbicas donde la descomposición ocurre como en una laguna anaeróbica.

Las lagunas de maduración se caracterizan como lagunas aeróbicas, donde se mantiene un ambiente aeróbico en toda su estrato. El propósito principal de las lagunas de maduración es proveer un período de retención hidráulica adicional para la remoción de los patógenos; también el de mejorar la calidad del efluente en términos de DBO.

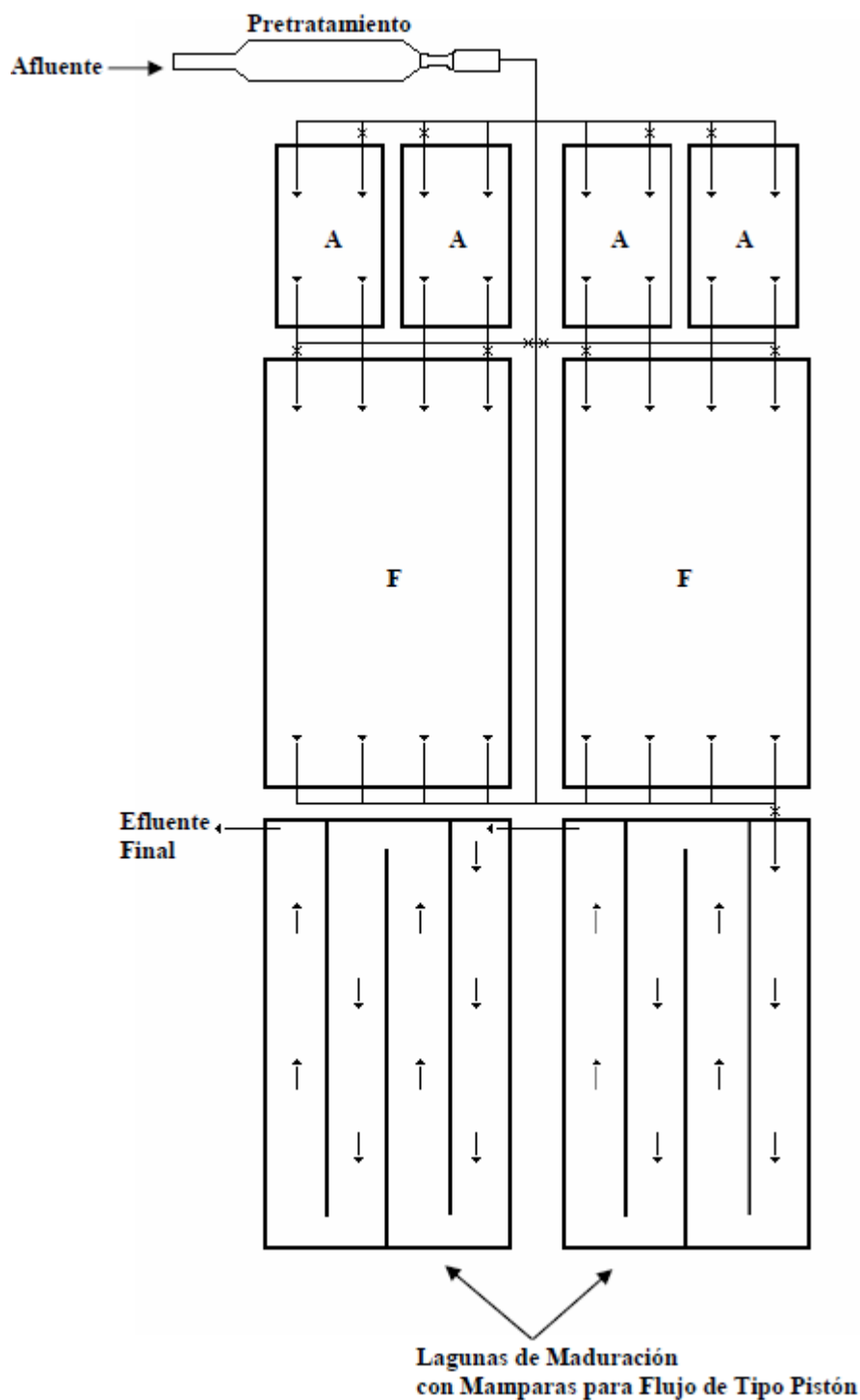
Se diseña un sistema de lagunas para tener baterías de lagunas primarias (facultativas o anaeróbicas). Se debe diseñar las lagunas primarias en paralelo para poder remover una de operación para la remoción de lodos mientras la demás queda operando. Se diseña lagunas anaeróbicas y facultativas para remover la DBO y SS y controlar el proceso de tratamiento; después, se diseña lagunas de maduración para remover patógenos aprovechando su remoción anterior en las lagunas anaeróbicas o facultativas.



La interacción de bacterias y algas en las zonas aeróbicas y anaeróbicas en una laguna facultativa de estabilización.

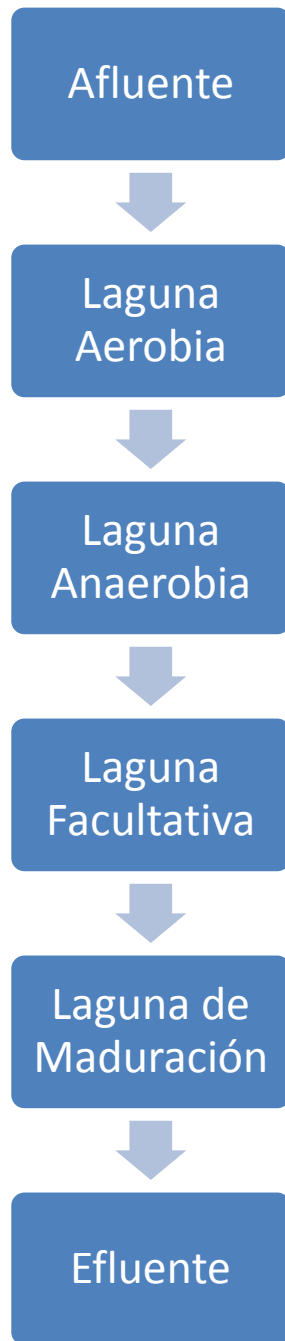


Dos lagunas facultativas en paralelo seguida por dos lagunas de maduración en serie. Se utiliza dos lagunas facultativas en paralelo para poder tener una fuera de servicio para la remoción de lodos.



Dos baterías en paralelo de dos lagunas anaeróbicas y una facultativa, seguidas por dos lagunas de maduración en serie. Se utiliza lagunas en paralelo para poder tener una fuera de servicio para la remoción de lodos. Las lagunas anaeróbicas disminuyen el área total del sistema, pero requieren mucho mantenimiento y generalmente no se recomienda su uso en las municipalidades.

DISEÑO DE PROCESO



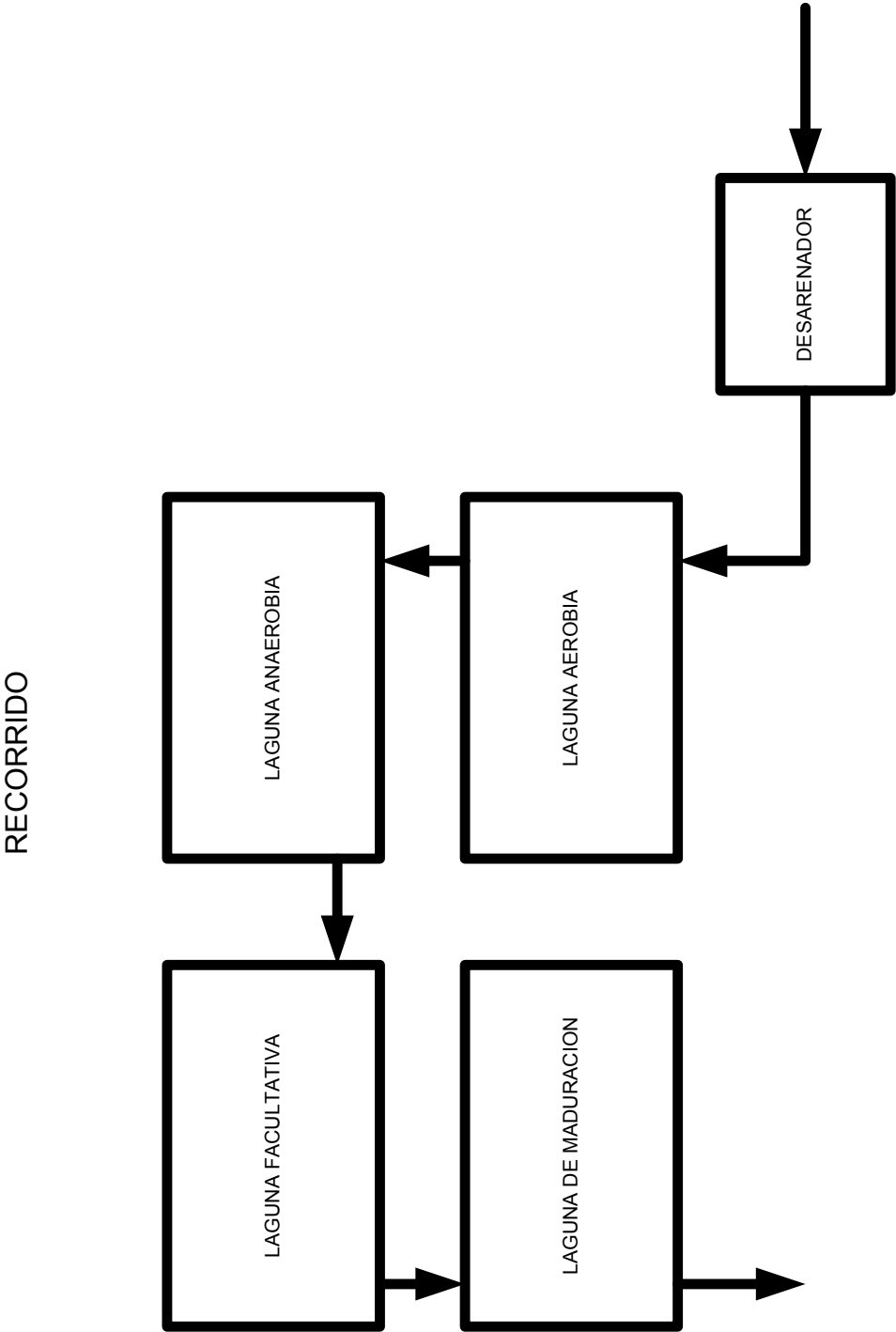
BALANCE MATERIA

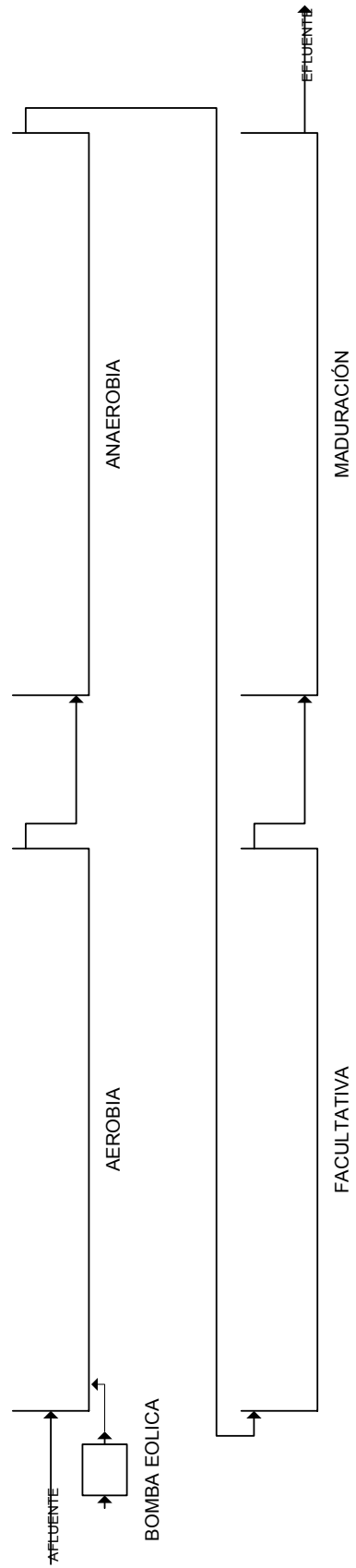
HABITANTES	10000	HABTS.
PERCAPITA	120	LT/HAB*DIA
CARGA VOLUMETRICA DIARIA	1200000	LT/DIA
CARGA MASICA DIARIA	1200000	KG/DIA
PROCESO	ENTRADA (KG/DIA)	SALIDA (KG/DIA)
REMOCION DE SOLIDOS GRUESOS	1200000	840000
LAGUNA AEROBIA	840000	588000
LAGUNA ANAEROBIA	588000	588000
LAGUNA FACULTATIVA	588000	588000
LAGUNA MADURACION	588000	588000

BALANCE DE ENERGIA

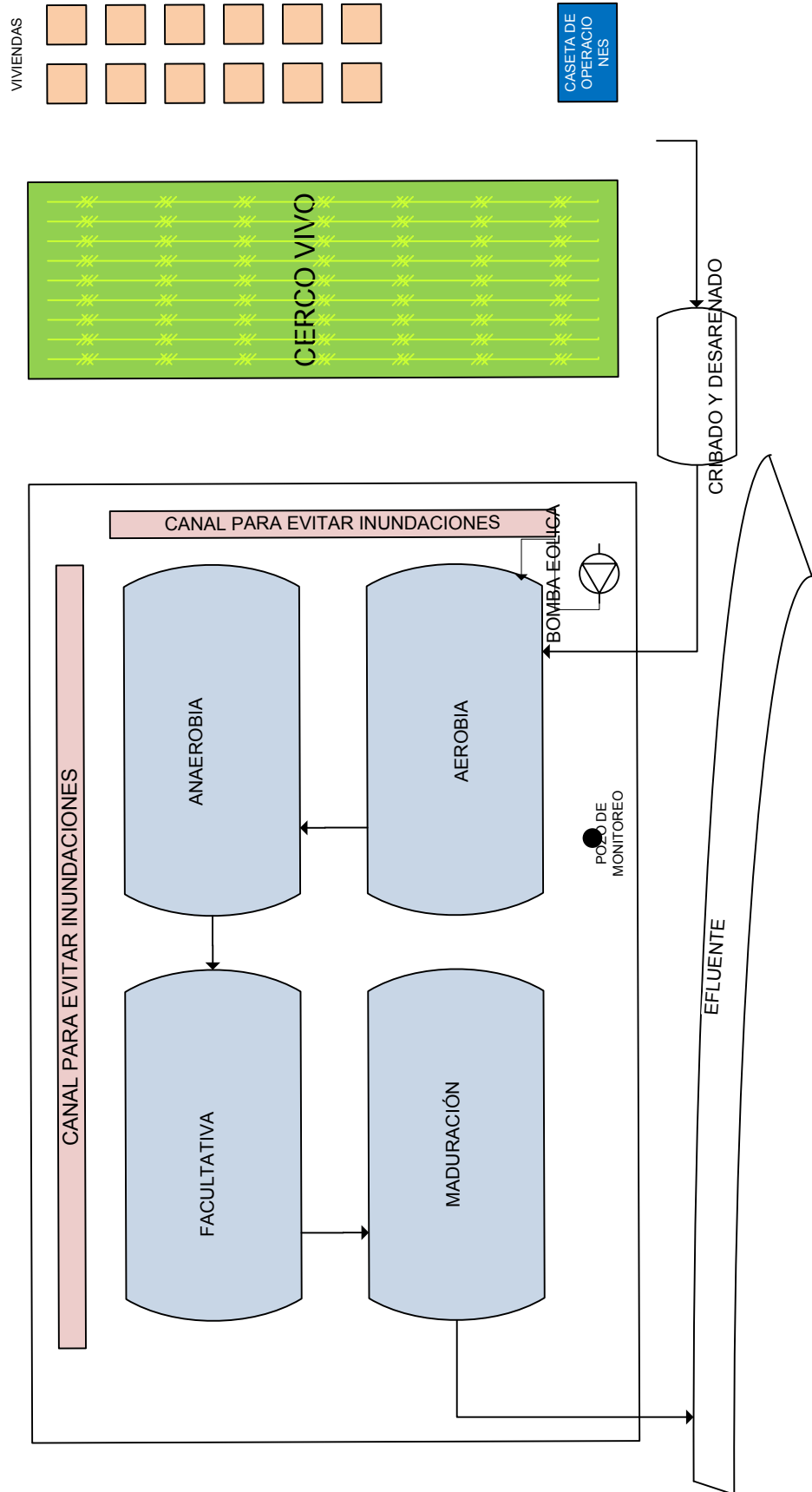
El balance de energía no se determina debido a que la energía requerida es aportada por métodos naturales.

PLANOS

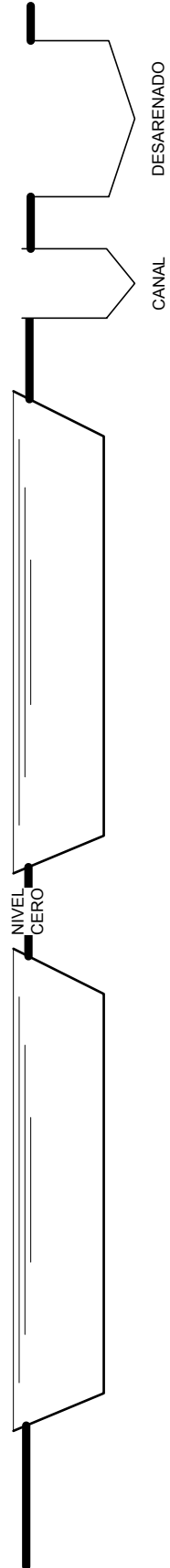




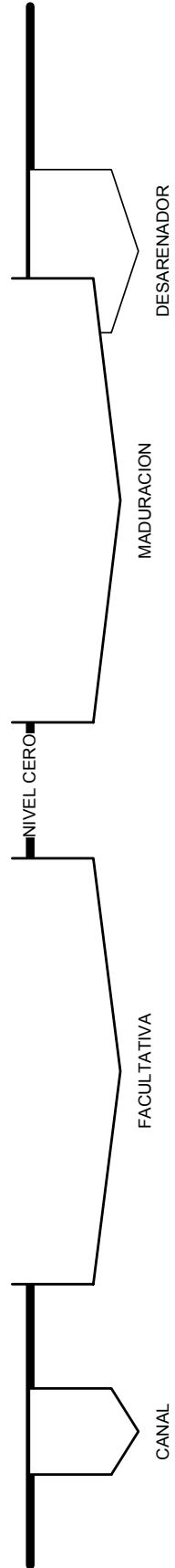
PLANO MAESTRO



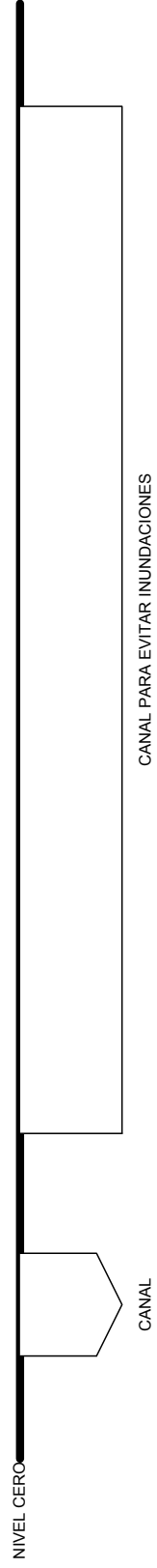
VISTA LATERAL DERECHA



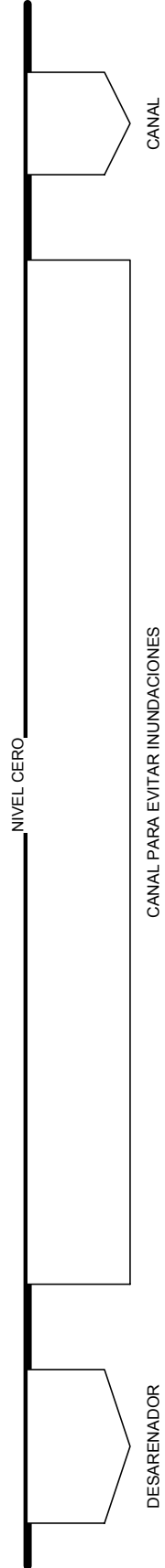
VISTA POSTERIOR



VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA FRONTAL



CAPITULO III

COSTOS

COSTOS (EVALUACION ECONÓMICA)

EQUIPO	CAPACIDAD m3	Característica	ENR	MS	RELACION ENR/MS	COSTO REF	COSTO 2010
LAGUNA ANAEROBICA	840	-	750	1576,1	0,51	44000	86.597,87
LAGUNA AEROBICA	588	-	750	1576,1	0,51	44000	86.597,87
LAGUNA FACULTATIVA	588	-	750	1576,1	0,51	44000	86.597,87
LAGUNA DE MADURACION	588	-	750	1576,1	0,51	44000	86.597,87
BOMBA EOLICA	10	MECANICA	750	1576,1	0,51	5300	10.431,11
		HIERRO					
REJILLAS	-	GALVANIZADO	750	1576,1	0,51	2350	4.625,11
DESARENADOR	1200	-	750	1576,1	0,51	26500	52.155,53
CANAL PARA EVITAR INUNDACIONES	1500	CONCRETO	750	1576,1	0,51	35400	69.671,92
							483.275,14

COSTO DEL PRODUCTO

COSTO DIRECTO

Mano de obra directa

CONCEPTO	NUMERO	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL
Obreros	2	500	12000
	Carga social	35%	4200
TOTAL:			16200

Materiales directos

CONCEPTO	CANTIDAD (Kg)	VALOR UNITARIO (\$Kg)	TOTAL \$
N/A	0	0	0
TOTAL:			0

TOTAL GLOBAL:	0
----------------------	----------

CARGA FABRIL

Mano de obra indirecta

PERSONAL	NÚMERO	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL
Ingenieros de planta	1	1200	1200
Supervisores	1	700	700
Técnicos	2	500	1000
	Sumatoria		2900
	Carga social	35%	1015
TOTAL:			3915

MATERIAL INDIRECTO

CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL \$
N/A	0	0	0
TOTAL:			0

DEPRECIACIÓN

CONCEPTO	COSTO \$	VIDA ÚTIL (AÑOS)	DEPRECIACIÓN
Costo de los equipos de la planta	483.275,14	50	0

TOTAL:	0
---------------	----------

No se define depreciación debido a que la planta es parte de una población urbana

Suministros

CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	UNIDAD	TOTAL
Agua	0	0,5	m ³	0
Combustible Diesel	0	0,9	Galón	0
Energía Eléctrica	0	0,04	Kw-h	0

TOTAL:	0
---------------	----------

REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO

CONCEPTO	VALOR	5%
Costo de los equipos de la planta	483.275.14	24163,757

TOTAL:	507.438,90
---------------	-------------------

Seguros

CONCEPTO	VALOR
Incendio 10%	48327,5
Fenómeno Natural 10%	48327,5
Robos 20%	96655

TOTAL:	193310
---------------	--------

TOTAL GLOBAL:	700.748,95
----------------------	------------

GASTOS ADMINISTRATIVOS

PERSONAL	NÚMERO	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL	TOTAL
Personal de apoyo	1	292	3504	3504
		Carga fabril	35%	1226,4
TOTAL:				4730,4

GASTOS DE VENTAS

PERSONAL	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL	TOTAL
Supervisor	1	500	6000	6000
		Carga fabril	35%	2100
TOTAL:				8100

Préstamo:	\$	0	(Inversión total)
------------------	----	---	-------------------

Pago principal	10 años	0
Intereses primer año	10%	0
	\$	0

(Inversión total: Capital de operación + Inversión fija)

Capital de operación: Costo Directo + Carga Fabril

Inversión fija: Terreno construcción + Equipos + otros activos

Inversión fija: 1885518

COSTO DE PRODUCCIÓN= COSTO DIRECTO + CARGA FABRIL + G. ADMIN. + G. VENTAS + G. FIN.

COSTO DE PRODUCCIÓN=	32945,4
-----------------------------	---------

COSTO DEL PRODUCTO=

COSTO DE PRODUCCIÓN
CAPACIDAD INSTALADA (TAMAÑO DE LA PLANTA)

COSTO DEL PRODUCTO=

32945,4
10731 m3 Prod./año

COSTO DEL PRODUCTO=	3,07011 el m3
----------------------------	----------------------

El costo del producto es \$0,04

BIBLIOGRAFIA

Revisados en páginas web:

Carranza, G., Selección Apropiaada de Tecnologías de Tratamiento para Aguas Residuales Domésticas, Tesis presentada a la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, Guatemala, 1997. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2028_C.pdf

Cisneros, B. et al. (Sin Fecha) Manual de Diseño de Lagunas de Estabilización, Comisión Nacional del Agua, Distrito Federal, México. <http://www.scribd.com/doc/39476019/Laguna-de-Estabilizacion-Manu>

Oakley, S. M., Manual de Diseño, Operación y Mantenimiento para Lagunas de Estabilización en Centroamérica, AIDIS/AGISA, ERIS/USAC, INFOM, UNICEF, OPS/OMS, CARE, Guatemala, 1998.

Cubillos, A., Lagunas de Estabilización, Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Mérida, Venezuela, 1994. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/14665/1/libro-completo.pdf>

Yáñez, F., Lagunas de Estabilización: Teoría, Diseño, Evaluación, y Mantenimiento, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, Ministerio de Salud Pública, Quito, Ecuador, 1992. <http://www.scribd.com/doc/39476019/Laguna-de-Estabilizacion-Manu>

ANEXOS

Tabla I: Variaciones en el proceso de tratamiento de aguas residuales por lagunas

<i>Tipo de Laguna</i>	<i>Nombre Común</i>	<i>Características</i>	<i>Aplicación</i>
Aerobia	a: De Baja Velocidad	Diseñada para mantener condiciones aerobias en todas las áreas de la laguna	Tratamiento de residuos orgánicos solubles y efluentes secundarios
	b: De Alta Velocidad	Diseñada para tener una alta producción de algas y tejido celular	Remoción de Nutrientes. Tratamiento de residuos solubles. Conversión de desechos
	c: Laguna de Maduración o Laguna Terciaria	Similar a las Lagunas de Baja Velocidad pero con baja carga orgánica	Empleado como un paso adicional de tratamiento de aguas previamente tratadas en filtros biológicos o lodos activados
Aerobio/Anaerobio. Oxígeno suplementado con aireación externa	Lagunas Facultativas con aireación	Más profundas que las lagunas de aireación de alta velocidad. La aireación y la fotosíntesis proporciona oxígeno para la estabilización de las capas superiores. Las capas inferiores llevan un proceso de digestión anaerobia.	Para tratamiento de aguas domésticas o industriales sin tratamiento previo
Aerobio/Anaerobio. Oxígeno suplementado por algas	Lagunas Facultativas	Similar al anterior excepto que el oxígeno es proporcionado por aireación natural y por fotosíntesis	Para tratamiento de aguas domésticas o industriales sin tratamiento previo
Anaerobia	Laguna Anaerobia	Las condiciones anaerobias prevalecen aunque por periodos la laguna pueda ser facultativa	Tratamiento de aguas domésticas e industriales
Anaerobia seguida por Aerobia/Anaerobia	Sistema de Lagunas	Combinación de Lagunas como se describe. Puede utilizarse recirculación de la laguna aerobia a la anaerobia	Tratamiento completo de aguas residuales municipales o industriales con una alta remoción de bacterias.

Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. ISBN 84-380-0157-2

4.1.1.2 Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (ver tabla 1):

TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500

Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. ISBN 84-380-0157-2

TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural + o - 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
*Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000

TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		Máxima 20 200	Máxima 32 200	Máxima 32 200

4.1.2.3 Además de los criterios indicados (ver tabla 3), se utilizarán los siguientes valores máximos (ver tabla 4) para la interpretación de la calidad de las aguas.

4.2.2.3 Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación (ver tabla 11):

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable Cero
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl ²	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. ISBN 84-380-0157-2