



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**"DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLAN-t-A DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARALANGOSTERA"**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO ACUICULTOR

Presentado por:

Alexandra Jaramillo de Lucas

Fabian Lucas Armijos

Hoover Moreno Martinez

Luis Enrique Viejó Chabla

GUAYAQUIL – ECUADOR

1999

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la escuela Superior Politecnica del Litoral, por la formación que nos dio, y a todos nuestros profesores por ayudarnos a seguir adelante.

De una manera muy especial al M.Sc. David Matamoros director de nuestra Tesis, a quien respetamos y admiramos por su ayuda desinteresada, humildad y generosidad hacia nosotros.

Al M.Sc. Jerry Landivar y a M.Sc. Ecuador Marcillo quienes nos ayudaron de una manera espontanea cuando requerimos de sus conocimientos, y permitirnos usar el laboratorio de Calidad de Aguas de la FIMCM para el análisis de nuestras muestras.

A nuestros, amigos y compañeros de estudio, con quienes compartimos las aulas de la universidad, a quienes solo podemos desearles lo mejor.

A La compañía ACUALOBSTER por prestar sus instalaciones para el desarrollo de nuestra tesis.

A nuestros padres, por todo el esfuerzo y sacrificio que han puesto en nuestro desarrollo personal y educativo, sin ellos no estaríamos donde estamos. Gracias por el amor, por la confianza que han depositado en nosotros y por el apoyo incondicional que nos han brindado.

A los Arq. Julio Chabla y Ketty Franco por su ayuda invaluable en la elaboración de los planos de nuestro diseño.

A la Lcda. Betsy Solórzano de Moreno por la paciencia que nos tuvo en la edición de nuestro trabajo, quien nos supo alentar para que no desmayáramos y completáramos mi tarea.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, nos ayudaron a lo largo de nuestra vida para terminar con éxito nuestro esfuerzo.

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, y a Gina
Luis **Viejó** Ch.

A mis padres y a todas **las** personas
que de una u otra **manera**
me ayudaron en mi carrera estudiantil
Hoover-t **Moreno** M.

A Dios, a mi esposa, a mis padres y a mi abuelita
Fabian Lucas A.

A mi esposo
Alexandra Jaramillo

DECLARACIÓN EXPRESA

" La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

Alexandra Jaramillo de Lucas

Fabián Lucas Armijos

Hoover-t **Moreno** Martinez

Luis **Viejó** Chabla

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



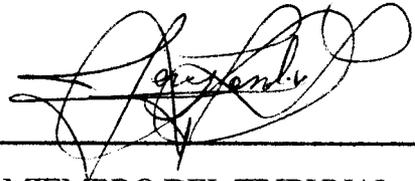
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



DIRECTOR DE TESIS
M. Sc. David Matamoros C.



MIEMBRO DEL TRIBUNAL



MIEMBRO DEL TRIBUNAL

" El hombre es el **único** animal, que **mata para** no comer,
que tala el **árbol** que le da sombra,
que **escupe** el agua que **bebe**,
por **todo** esto se encuentra destinado.. . a **morir**".

BENEDITO RUY BARBOSA

“En mis **sábanas** blancas vertieron hollin
han echado basura en mi **verde jardín**,
si **capturo** al culpable de **tanto** desastre,
Lo va a lamentar.. . lo va a lamentar.”

SILVIO RODRIGUEZ

"Yo quisiera no ver **tanto verde**
en la tierra muriendo;
ni en **las** aguas de **los** rios
los peces desapareciendo,
yo quisiera ser civilizado
Como los animales."

ROBERTOCARLOS

RESUMEN

En la presente tesis se dan a conocer datos generales de los diferentes procesos de depuración de aguas residuales y el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para una granja acuícola donde se realiza un policultivo de tilapias (*Oreochromys niloticus*) y langostas de agua dulce o red claw (*Cherax quadricarinatus*).

El diseño está basado en la información generada por los datos tomados en los efluentes del canal de drenaje y luego procesados según la metodología descrita por Meltcaft & Eddy. (1985) Y para el cálculo de los procesos de las estaciones depuradoras se utilizó el software del Manual de depuración de "Uralita".

Se realizaron mediciones en el campo para establecer las condiciones de contaminación que provocaban estos cultivos al entorno, sin embargo, los resultados aquí presentados son principalmente enfocados al diseño conceptual y a largo plazo, ya que por factores políticos y económicos por los que ha atravesado nuestro país, la empresa Acualobster ha detenido sus actividades.

Las pruebas de ensayo para medir las cantidades de metabolitos que generaban estos cultivos se iniciaron en Julio de 1998. Las muestras de agua fueron colectadas y analizadas en el laboratorio de calidad de aguas de la FIMCM (Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar). Posteriormente estos datos fueron procesados para determinar los procesos unitarios que se deberían instalar para el tratamiento de las aguas. El sistema de cultivo utilizado por ACUALOBSTER fue realizado en tres fases para tilapias y dos fases para red claw. Se analizaron los parámetros básicos: temperatura, oxígeno disuelto, disco secchi, DBO_5 , sólidos suspendidos, nitritos, nitratos, y amonio.

Con los datos obtenidos se hace necesario el siguiente sistema de tratamiento que comprende: canal de entrada, tamizado, cámara de grasas, desarenador, decantador secundario, digestor y secado; tres procesos unitarios y dos procesos secundarios.

Los resultados muestran que se hace necesaria una planta depuradora para esta actividad en un periodo de tiempo no muy grande, ya que se pueden alcanzar valores de contaminación que excedan los niveles establecidos por la ley, por lo que planteamos la necesidad de encontrar métodos que prevengan esta contaminación al medio circundante, guardando las normas dictadas por las leyes ecuatorianas e internacionales para prevenir que

nuestras aguas contamine el entorno, y al cauce receptor de nuestras aguas residuales contaminadas por nuestros sistemas de cultivo.

Se observó también, que en el período correspondiente a la época invernal, el tratamiento puede verse afectado negativamente por la presencia de lluvias las cuales ocasionan el incremento en la cantidad de sólidos y materia orgánica en el agua.

Sobre la base de toda la experiencia adquirida se elaboró un diseño conceptual de lo que se necesitaría para tratar las aguas provenientes de la producción de tilapias y langostas cuyo contenido es la parte principal de esta tesis, así mismo se deja constancia que el número de veces que se puede recircular esta agua no se puede determinar conceptualmente ya que este dato solo se puede medir en campo.

INDICE GENERAL

| | |
|--|----------|
| RESUMEN | I |
| INDICE GENERAL | IV |
| ABREVIATURAS | VII |
| INDICE DE TABLAS | IX |
| INDICE DE FOTOS | X |
| INDICE DE FIGURAS. | XI |
| INDICE DE ANEXOS Y LAMINAS | XII |
| | Pag. |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| CAPITULO 1: GENERALIDADES | |
| 1.1 Tratamiento de aguas residuales provenientes de cultivos acuáticos | 6 |
| 1.2 Limites de tolerancia de descargas permitidas por la ley. | 12 |
| 1.3 Actividades que se desarrollan en la granja de estudio | 14 |
| 1.3.1. Ubicación geográfica | 16 |
| 1.3.2. Descripción del cultivo de tilapia y langosta de agua dulce | 17 |
| 1.3.2.1 Tecnología de cultivo | 18 |
| 1.3.2.2 Requerimientos ambientales de la tilapia | 19 |
| 1.3.2.3 Requerimientos ambientales del red claw | 24 |

CAPITULO 2: ESTUDIO DEL CULTIVO QUE GENERA ESTA AGUA RESIDUAL

| | |
|----------------------------|----|
| 2.1 Generalidades | 26 |
| 2.2 Calculo de metabolitos | 31 |

CAPITULO 3: MEDICIONES DE CAMPO

| | |
|--|----|
| 3.1 Planos de ubicacido | 39 |
| 3.1.1 Cotas topográficas | 39 |
| 3.2 Parámetros de calidad de agua | 39 |
| 3.2.1 Caracterizacido de los efluentes | 46 |
| 3.3 Medición de caudales | 49 |

CAPITULO 4: SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

| | |
|---|----|
| 4.1 Descripcido breve de tipos de tratamiento | 53 |
| 4.1.1 Procesos fisicos | 54 |
| 4.1.2 Procesos quimicos | 54 |
| 4.1.3 Procesos biológicos | 55 |
| 4.2 Fases de la depuracido | 56 |
| 4.2.1 Pretratamiento | 57 |
| 4.2.1.1 Rejillas de desbaste | 58 |
| 4.2.1.2 Desarenado y desengrasado | 60 |

| | |
|---|----|
| 4.2.1.3 Depuración física-decantación | 61 |
| 4.3 Tratamiento Primario | 62 |
| 4.3.1 Tanques de Sedimentación | 63 |
| 4.4 Tratamientos secundarios. | 65 |
| 4.4.1 Tratamiento biológico | 67 |
| 4.4.2 Diseño de lagunas para remoción de materia orgánica | 68 |
| 4.5 Selección de la alternativa | 70 |
| 4.5.1 Justificación | 76 |
| 4.5.2 Eficiencia esperada | 76 |
| 4.5.3 Diseño conceptual del sistema de tratamiento | 77 |
| 4.5.3.1 Características generales del diseño | 78 |
| 4.5.3.2 Objetivo del diseño conceptual | 82 |
| 4.5.3.3 Diseño de los diferentes componentes | 83 |
| 4.6 El proceso de tratamiento. | 88 |
| CONCLUSIONES | 91 |
| RECOMENDACIONES | 92 |
| BIBLIOGRAFIA | 93 |
| ANEXOS | 99 |

ABREVIATURAS

| | |
|----------------|--|
| °C | : grados centigrados |
| % | : Porcentaje |
| cel/ml | : células por mililitro |
| CL | : Concentración Letal |
| cm | : centímetros |
| DBO | : Demanda Bioquímica de Oxígeno |
| DQO | : Demanda Química de Oxígeno |
| g | : gramos |
| h | : Hora |
| ha | : hectárea |
| Kg. | : Kilogramo |
| l | : litro |
| Lang. | : Langosta |
| lbs | : libras |
| m | : metros |
| m/d | : Metros por día |
| m ² | : metros cuadrados |
| m ³ | : metros cúbicos |

m^3/m^2*d : metros cúbicos por metros cuadrados por día

m^3/seg : metros cúbicos por Segundo

mg/l : miligramos por litro

mm : milímetros

N : Nitrogeno.

Nº. : número

OD : oxígeno disuelto

ppm : partes por millón

Ps. : Piscina

Q : Caudal

S : Supervivencia

ss : Sólidos suspendidos

Ton : tonelada

Til. : Tilapia

INDICE DE TABLAS

| | | Pag. |
|----------|---|------|
| Tabla 1 | Limites permisibles según artículo N° 204 de Junio de 1989 | 13 |
| Tabla 2 | Valores recomendados de calidad de agua para Tilapia | 22 |
| Tabla 3 | Valores de calidad de agua para red claw (INACUA) | 25 |
| Tabla 4 | Datos relativos al cultivo de tilapia. | 33 |
| Tabla 5 | Datos relativos al cultivo de langosta. | 34 |
| Tabla 6 | Concentración promedio de parámetros analizados. | 47 |
| Tabla 7 | Aforo de caudales efectuados en ACUALOBSTER | 48 |
| Tabla 8 | Porcentajes de remoción de diferentes tratamiento (URALITA) | 56 |
| Tabla 9 | Características de las materias retenidas en rejillas | 60 |
| Tabla 10 | Parámetros de diseño para filtros percoladores | 65 |
| Tabla 11 | Función de cada uno de los procesos de depuración. | 69 |
| Tabla 12 | Procesos de Tratamiento y grados de remoción (IEOS) | 70 |
| Tabla 13 | Biodegradabilidad de un agua residual (URALITA) | 75 |
| Tabla 14 | Volumen del Digestor en II etapas | 87 |
| Tabla 15 | Capas de Granulometria para el secado de lodos | 88 |

INDICE DE FOTOS

| | Pag. |
|--|------|
| Foto 1 Piscinas de cultivo de tilapia y red claw | 16 |
| Foto 2 Piscinas de cultivo de tilapia | 19 |
| Foto 3 Estanque de cultivo de red claw mostrando sistema de aireación por air lift | 24 |
| Foto 4 Vista aérea de Ps. ACUALOBSTER | 38 |
| Foto 5 Pozo de abastecimiento de agua para ambos cultivos tipo cascada | 38 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pag. |
|--|------|
| Fig 1 Tilapia adulta lista para cosecha | 17 |
| Fig 2 Red claw macho listo para cosecha | 22 |
| Fig 3 Planta depuradora tipica de aguas residuales tipo EDAR | 52 |
| Fig 4 Tratamiento biológico de un EDAR | 66 |

INDICE DE ANEXOS Y LAMINAS

| | | |
|----|--|------------|
| 1 | Parámetros de calidad de agua | 100 |
| 2 | Análisis económico de la planta | 101 |
| 3 | Plano de ubicación | 102 |
| 4 | Cotas del terreno | 103 |
| 5 | Lamina 1. Canal de entrada | |
| 6 | Lamina 2. Tamices estaticos | |
| 7 | Lamina 3. Desarenador - Desengrasador | |
| 8 | Lamina 4. Decantador secundario | |
| 9 | Lamina 5. Lecho bacteriano | |
| 10 | Lamina 6. Eras de secado | |
| 11 | Lamina 7. Digestor separado | |
| 12 | Lamina 8. Vista en planta y sección longitudinal de la planta de tratamiento | |
| 13 | Lamina 9a. Piscinas de cultivo y planta de tratamiento | |
| 14 | Lamina 9b. Cont. Piscinas de cultivo y planta de tratamiento. | |

INTRODUCCIÓN

El agua de la mayor parte de **las** granjas acuicolas y ciudades se obtiene de fuentes **superficiales** tales **como:** ríos, torrentes y estuarios. Los abastecimientos naturales de agua, especialmente **los ríos, están** contaminados con residuos dombsticos, agricolas e industriales, por lo que se **hace** necesario **buscar métodos para** su tratamiento y **reutilización**.

La acuicultura ha sido acusada recientemente de **causar considerables impactos** ambientales negativos, algunas de estas acusaciones tienen fundamentos pero en general, la acuicultura no es tan per-judicial **para** el medio ambiente, **excepto** cuando **prácticas** inapropiadas de **manejo** son utilizadas, tales **como:** alta tasa de recambio, sobrealimentacidn, uso innecesario de quimicos, descarga innecesaria de efluentes, **falla** en el tratamiento de efluentes e inapropiada **eliminación** de sedimentos (Boyd, 1999).

La “**contaminación** del agua superficial” puede definirse de **muchas formas;** de cualquier modo esto implica **detectar** niveles de concentraciones de substancias ajenas y especificas durante **períodos** de tiempo suficientes **para provocar** efectos adversos identificables. La “calidad de agua” puede definirse sobre la base de su caracterizacion **física**, quimica y **biológica**. Los **parámetros** fisicos **incluyen** olor, color, temperatura, **sólidos**, turbidez y contenido en aceites y grasas. **Cada** par&metro **físico**, quimico y **biológico** puede descomponerse en otras **categorías**, la **recirculación** del agua es un **proceso** natural, sin embargo,

en la era en que vivimos hay que darle especial atención. El empleo de tratamientos **para** el agua residual que **permite** una mejor **conservación** del medio ambiente no debería ser considerado costoso **para los** productores, porque esto va a mejorar la eficiencia de **producción** aumentando la sustentabilidad de la **producción** acuícola, y al dar una mayor atención al ecosistema, contrarrestamos **los** reclamos negativos que se **están haciendo** contra este sector **productivo**.

De acuerdo con esto y debido al aumento de leyes **tanto** nacionales **como** internacionales que controlan la **contaminación** producida por las industrias a **todo** cuerpo de agua, se ha despertado un creciente **interés** por aplicar **métodos** que **permitan convertir** el agua “**usada**” en agua segura e **idónea para** su **reutilización** y que **permitan un manejo** factible de **los** desechos.

Hasta ahora se han utilizado **productos** biodegradables y empleado sistemas en **los** cuales se pretende **reducir** la **contaminación**, debido al **manejo** de **los** mismos **pero aún** faltan mecanismos que prevengan la excesiva **contaminación** por esta u otra actividad y traten de una forma apropiada **los** desechos que **resultan** de las mismas; por esta **razón** se ha **pensado** en **diseñar** un sistema **para reducir** de la mejor **manera los** **contaminantes** que puedan **resultar** de la actividad acuícola.

El **diseño** del sistema de tratamiento de aguas residuales producidas por un cultivo acuático, se inicia con **los** estudios de la caracterización de **los** efluentes

con pruebas de tratabilidad, cuyos resultados nos ofrecieron una idea de **cual** era la **situación** que presentaba la granja de estudio y **permitieron** establecer la "**contaminación**" que podía presentar la misma y una vez ingresados al **programa URALITA** establecer un **diseño** previo de una **planta** de tratamiento que se **presenta** en esta tesis.

Durante la fase de **caracterización** se tomaron aforos de caudales durante 5 **días**, se realizaron individualmente **mediciones** de caudales de las piscinas en las cuales se cultiva en sistema intensivo. Los caudales aforados en **alícuotas** proporcionales durante 5 horas por día fueron mezclados **para** obtener una mezcla compuesta y **someterla** al **análisis** del laboratorio **para** su correspondiente **caracterización**.

El esquema general de trabajo **consiste** en generar datos de **evaluación** de los distintos **componentes** del sistema de nuestro proyecto, y la realización de los análisis, **evaluación** y **diseño** preliminar conceptual de las alternativas de **solución**.

Dentro de las circunstancias particular-es de la granja acuicola en estudio se circunscribieron a los **procesos básicos** de: **Retención de sólidos**, **sedimentación – filtración**, lecho bacteriano y secado de lodos.

Los resultados obtenidos, han **permitido** seleccionar y **combinar los procesos** unitarios **más** adecuados al **caso** y elaborar un **diseño** conceptual de nuestro **proceso** de tratamiento.

Las operaciones y **procesos** unitarios que **componen el tratamiento diseñado** son:

1. Canal de entrada
2. Tamizado
3. **Cámara** de grasas y Desarenador
4. Lecho bacteriano
5. Decantador Secundario
6. **Digestor**
7. Secado

Todos estos pasos son resultado del **análisis** efectuado en el **programa EDAR** del Manual de **URALITA** y que establecimos **como una opción** de tratamiento, **cada** uno de estos pasos es detallada **más** adelante.

Nuestro sistema **permitirá** descargar aguas residuales tratadas con **los parámetros** que establece el artículo **Nº 43** del reglamento a la Ley de Control de **Contaminación del Recurso** Agua, publicado en el Registro **Oficial Nº 204** del 5 de junio de 1989, artículo 25 que establece **los criterios** de calidad admisibles **para la preservación** de la flora y fauna que **atañe** a las descargas a un **caudal hídrico**, hemos establecido **como** referencia este artículo por ser un reglamento que **controla la contaminación** de las aguas de nuestro **país**.

Debido a las variaciones en **los** caudales de descarga de nuestro sistema y de las jornadas de **producción** que este **proceso** involucra, se requiere que **los** operadores del tratamiento **estén** muy bien entrenados **para** poder **trabajar** sin contratiempos debido a las variaciones de los **parámetros** de **operación**, tales **como** flujos cambiantes en **épocas** lluviosas, mantener y ajustar caudales

adecuados en **cada** uno de **los procesos** establecidos y la **disposición** de **los** materiales recogidos en **cada proceso**.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 Tratamiento de aguas residuales provenientes de cultivos acuáticos.

Desde el punto de vista de las fuentes de **generación**, podemos definir el agua residual como la **combinación** de los desechos **líquidos**, o aguas portadoras de residuos, **procedentes tanto** de **residencias como** de instituciones **públicas** y establecimientos industriales y comerciales.

La **acumulación** y estancamiento del agua residual produce **descomposición** de la materia **orgánica** generando gases malolientes. A este **hecho cabe añadir** la frecuente presencia de numerosos **microorganismos patógenos** causantes de enfermedades que **habitan** en el aparato intestinal humano, o **están** presentes en ciertos restos industriales. **Además suelen contener** nutrientes, que pueden estimular el crecimiento de **plantas acuáticas**, y pueden incluir de la misma **manera** compuestos **tóxicos**. Es por ello que la **evacuación** inmediata del agua residual de sus fuentes de **generación** seguido de su tratamiento y **eliminación**, no solo es deseable sino **también** necesaria.

El objetivo final del control de las aguas contaminadas es la **protección** del medio ambiente y la salud empleando medidas **conformes a las** posibilidades e inquietudes económicas, **sociales** y políticas.

Las aguas residuales normalmente contienen algunos contaminantes que **deben** ser separados, o al menos reducidos en su **concentración** de una forma significativa. Estos contaminantes pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Materiales flotantes inmiscibles (aceites, sólidos flotantes, etc.)
- **Sólidos** en suspensión
- Materiales **orgánicos** solubles no peligrosos
- Materiales **inorgánicos** solubles (amoníaco y nitritos, fósforo, etc.)
- Otras sustancias tóxicas en algunos **casos**

(Tomado [http:// www.Ole.com/Rainforest/Edar](http://www.Ole.com/Rainforest/Edar))

La **elección** de la secuencia de tratamientos específicos a desarrollar depende del tipo y **concentración** de **los** contaminantes, por lo general se **los** clasifica en tres **categorías** que son: tratamiento primario, secundario y terciario.

Existen varios **métodos** para determinar la **concentración** de contaminantes, y son de uso habitual en **los sectores** industriales. Los **más comunes** son: **demanda** bioquímica de oxígeno (DBO), **método** introducido **originalmente** por la **Comisión Real Británica para la Evacuación** de Aguas Residuales en 1898, y la **demanda** química de oxígeno (DQO), las estimaciones que dan estos datos nos ofrecen una idea **del** material oxidable y **biológicamente** degradable presente en el agua. **También** se analiza la presencia de otros compuestos en las aguas residuales **como: fósforo** total, **nitrógeno** total y **sólidos** en suspensión, las cuales en **exceso** son consideradas perjudiciales **para** el cultivo de **especies acuáticas**.

El tratamiento **biológico** se **emplea** de forma rutinaria **para reducir** la DBO en un 95 %, la DQO en un 89 - 93 %, el **fósforo** en un 94 - 97 %, el **nitrógeno** en un 84 – 90 %, y **los sólidos** en suspensión **los** reduce en un 90 a 94 %. (Manual de **depuración** Uralita, 1996)

La materia **orgánica** y **los** nutrientes de **los** alimentos balanceados no ingeridos, las **heces** y **los excretos metabólicos** representan una **contaminación** o una **carga** de desechos en **los** estanques. Los desechos son asimilados por **procesos físicos**, químicos y biológicos dentro de las piscinas de cultivo, pero **los** efluentes de las piscinas son, a **menudo, más** concentrados en **sólidos**, materia **orgánica** y nutrientes que en la superficie natural de las aguas en **los** que son descargados (Boyd, 1996). Por lo **tanto, los** efluentes de las piscinas pueden contaminar las aguas naturales. (Boyd, 1996). Los **sólidos** sedimentados y la DBO exceden sus **normas** en **los** efluentes, durante la fase final del drenaje de piscinas y durante la cosecha de **peces**. (Boyd, 1996).

Es necesario **contar** con estudios que **permitan** conocer la **interacción** que tienen **los** sistemas de **producción** con el medio ambiente que **los rodea** y viceversa; y de esta forma implementar una serie de políticas ambientales que propendan por **el manejo** equilibrado **del recurso** hídrico en el **corto, mediano** y largo **plazo** y que faciliten **así** el desarrollo sostenible de esta industria; la **cual** depende directamente del **agua**; ya que de **él** se abastece.

Recientemente se han **hecho** monitoreos de la calidad del agua en **los** esteros de la región camaronera de Honduras, estos comenzaron en 1993 **como parte**

del Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en **Acuicultura/Dinámica** de Estanques (**PD/A CRSP**) (Teichert-Coddington, 1995; Green et. al., 1997), estos monitoreos encontraron que **las** concentraciones de nutrientes en **los** esteros **ribereños** mostraban una tendencia **cíclica** controlada por la estación, con concentraciones **mayores** de **nitrógeno** total y fósforo total en la estación **seca** y concentraciones **menores** durante la **estación** lluviosa.

Además, percibieron que la calidad del agua fue afectada por la **posición geográfica**; ya que se vio que dentro de **los** esteros **ribereños** la **concentración** de **nitrógeno** y fósforo total aumento aguas arriba del Golfo de Fonseca.

Otros estudios han evaluado las descargas **totales** de nutrientes en sistemas acuícolas de cultivo, por ejemplo; en un estudio que realizaron **Enell y Löff** (1983), en **países** del norte de Europa donde es **común** el cultivo de salmon en jaulas, encontraron que la cantidad total de descarga estimada era del **orden** de **10-20 Kg** de **fósforo (P)** y de **75-95Kg.** de **nitrógeno (N)** por **año** y por tonelada de pescado producido.

Muy **pocos países** parecen tener un dato **preciso** de la cantidad de descarga de elementos tales **como sólidos** suspendidos, **nitrógeno** y fósforo sobre las vías fluviales; **producto** de **los** sistemas acuícolas de cultivo que en **exceso** afectan el medio en el **cual** son descargados. **Håkason** et al. (1988) en un **intento** por estimar la **carga** de materia **orgánica** (nitrógeno y **fósforo**) en piscifactorías marinas ubicadas en **los países nórdicos** y asumiendo que la conversión alimenticia era de 1,651 ,00 (Kg de alimento: Kg de peso de animal) encontraron

que la cantidad total de **nitrógeno** vertida al medio era de 4.600 **Ton/año** en Noruega, de 280 **Ton/año** en Suecia, de 230 **Ton/año** en Dinamarca y de 650 **Ton/año** en Finlandia.

Mattsson y **Linden (1983)**, encontraron que **cargas** orgánicas producto de los efluentes de agua y **sedimento** de los sistemas **acuícolas**, **estimuló** la **producción** de **ácido sulfhídrico** y **además** una **reducción** en la diversidad de la fauna bentónica. Otro estudio **hecho** por **Larsson (1984)**, **comprobó** que la **acumulación** de **heces** de **peces** produjo un **incremento** de **las** concentraciones de **nitrógeno** como amonio y **fósforo** como fosfato en la **columna** de agua, **duplicándose** y **cuadruplicándose** los niveles, respectivamente.

Según un estudio realizado por **Ormaza (1996)**, en afluentes y efluentes de **fincas** camaroneras en el área de Taura (Ecuador) durante una **transición** estacional, se **encontró** que **las** concentraciones de amonio y nitrito fueron inferiores en la **salida** con **respecto** a la entrada, pero en cambio se encontró que la cantidad de materia particulada total (**MPT**) y materia **orgánica** particulada (**MOP**) fue un 30% mayor en la **salida** con **respecto** a la entrada.

Otro estudio que realizaron el Instituto **Nacional** de Pesca del Ecuador y el Centro de Acuicultura e Investigaciones Marinas (**CENAIM**) en (**1994**), en 4 puntos importantes del estuario del río Guayas; determinó que el oxígeno disuelto que entra a **las** piscinas camaroneras tiene valores **más** bajos (4.1 **mg/l**), que el que egresa de **las** mismas (4.9-6.2 **mg/l**) (Tribunal del **Camarón** en

la ONU, 1996).

El **interés** general de la industria justifica un grado de medidas tendientes a la **regulación** de la obtención del agua, y la **prevención** de la **contaminación** y de **emisión** de sustancias **dañinas** de granjas acuícolas a niveles aceptables de acuerdo a las leyes vigentes en **cada país, como** un principio de asegurar la continuidad de las condiciones que **hagan** posible una acuicultura sostenible (Martinez & Borg, 1990).

La **integración** de la acuicultura con **otras** actividades tales **como agricultura** y el uso del agua en la industria y en el sector **urbano** es probablemente la forma **más** efectiva **para** su desarrollo (Martinez & Borg, 1990).

1.2 LIMITES DE TOLERANCIA DE DESCARGAS PERMITIDAS POR LA LEY SEGÚN ÉL ARTICULO N° 25; REGISTRO OFICIAL N° 204 DE JUNIO DE 1989.

Para tener una base de **comparación** de aguas contaminadas, nos remitimos a lo que dice **el** articulo **N° 25** del registro **oficial** de Junio de 1989 **el cual** establece **los criterios** de calidad admisibles **para** la **preservación** de la flora y fauna en aguas dulces, frías o **cálidas** y en aguas marinas y estuarinas, en **los** cuales se muestran valores de CL que son concentraciones **letales** a **los** cuales **los** animales **acuáticos** son expuestos por largos periodos a una **concentración constante**. Estos valores se presentan en la tabla **# 1** (ver **página** siguiente).

| STANDARDS PERMITIDOS POR EL GOBIERNO | | | | | |
|--|----------------------------|--|-------------------|-------------------|-------------|
| REGISTRO OFICIAL JUNIO 5 DE 1989 ARTICULO 25, - LOS CRITERIOS DE CALIDAD | | | | | |
| | V A L O R MAXIM PERMISIBLE | | | | |
| PARAMETRO | Expresado como | Unidades | Agua Fria dulce | Agua cálida dulce | Agua Marina |
| Clorofeoles | Clorofenol | mg/l | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Difenil | Concen. De Agente activo | mg/l | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Oxigeno disuelto | O.D | mg/l | > 6 mg/l | > a 5 mg/l | > a 5 mg/l |
| Demanda Bioquímica de O. | DBO | mg/l | < 80% de la carga | | |
| Potencial de Hidrógeno | pH | | 6,5 - 9,0 | 4,5 - 9,0 | 6,5 - 8,5 |
| Sulfuro de Hidrógeno ionizado | H ₂ S | mg/l | 0,0002 CL | 0,0002 CL | 0,0002 CL |
| Amoniaco | NH ₃ | mg/l | 0,1 CL | 0,1 CL | 0,1 CL |
| Arsénico | As | mg/l | 0,1 CL | 0,1 CL | 0,1 CL |
| Bario | Ba | mg/l | 0,1 CL | 0,1 CL | 0,1 CL |
| Berilio | Be | mg/l | 0,1 CL | 0,1 CL | 0,1 CL |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,01 CL | 0,01 CL | 0,01 CL |
| Cianuro libre | CN | mg/l | 0,05 CL | 0,05 CL | 0,05 CL |
| Cinc | Zn | mg/l | 0,01 CL | 0,01 CL | 0,01 CL |
| Cloro residual | Cl ₂ | mg/l | 0,1 CL | 0,1 CL | 0,1 CL |
| Cobre | cu | mg/l | 0,1 CL | 0,1 CL | 0,1 CL |
| Cromo exavalente | Cr ⁺⁸ | mg/l | 0,01 CL | 0,01 CL | 0,01 CL |
| Fenoles monohídricos | Fenoles | mg/l | 1,0 CL | 1,0 CL | 1,0 CL |
| Grasas y aceites | Película visible | mg/l | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| Hierro | Fe | mg/l | 0,1 CL | 0,1 CL | 0,1 CL |
| Manganeso | Mn | mg/l | 0,1 CL | 0,1 CL | 0,1 CL |
| Mercurio | Hg | mg/l | 0,01 CL | 0,01 CL | 0,01 CL |
| Níquel | Ni | mg/l | 0,01 CL | 0,01 CL | 0,01 CL |
| Plaguicidas Organoclorados (cada tipo) | Concen. De Agente Activo | mg/l | 0,001 CL | 0,001 CL | 0,001 CL |
| Plaguicidas Organofosforados (cada tipo) | Concen. De Agente Activo | mg/l | 0,05 CL | 0,05 CL | 0,05 CL |
| Plata | Ag | mg/l | 0,01 CL | 0,01 CL | 0,01 CL |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,01 CL | 0,01 CL | 0,01 CL |
| Selenio | SC | mg/l | 0,01 CL | 0,01 CL | 0,01 CL |
| Temperatura | °C | condiciones naturales +3, máxima de 32 | | | |
| Bacterias Coliformes | NMP/100 cm ³ | | | | Coli fecal |

Tabla 1 Concentraciones promedio de descargas permitidas por la Ley según el artículo N° 25; registro oficial N° 204 de junio de 1989

.1.3 Actividades que se desarrollan en la granja de estudio

Rutina de trabajo en estanques de tilapia

Medición de la concentración de oxígeno disuelto: Se debe realizar a **primera** hora de la **mañana**, horario que se considera **crítico** debido a la actividad respiratoria de **los** organismos y del **plancton** en la **noche** que ocasiona bajas en la **concentración** de oxígeno disuelto.

A medio día, se **hace** el control de la densidad de fitoplancton, por medio del disco de Secchi. Cuando el estanque tiene una productividad adecuada el disco es visible a una profundidad de 25 a 40 cm. Si el disco se deja de ver a una profundidad **menor** de 25 cm se debe **proceder** a recambiar el agua del estanque con rapidez, esto se debe a que existe una **relación** entre la productividad **primaria** de un estanque y la transparencia por MOP.

Alimentación: La cantidad de **alimento** a ofrecer en **cada** uno de **los** estanques **estará** de acuerdo a la biomasa bajo cultivo. La **ración** se **ofrecerá** a **partir** de media **mañana** cuando la temperatura de agua de **los** estanques sea **conveniente**, (**las** enzimas digestivas de estos **peces** no **están** activas a temperatura templadas) y por **las** tardes, **respetando** el mismo horario **cada** día y **distribuyéndola** en **las** zonas elegidas **como** comedero.

Muestreos: La **toma** de muestras del total de la **población** existente en **cada** estanque **deberá** ser realizada **periódicamente** con el **objeto** de determinar el crecimiento de **los** animales y ajustar la **ración** alimenticia.

Rutina de trabajo en estanques de red claw

1. Preparación de la piscina: tratamiento del suelo y colocación de refugios
2. Siembra
3. Alimentación, control de enfermedades y mantenimiento de la calidad del agua
4. Cosecha - clasificación
5. Recolección de juveniles para su posterior transferencia a estanques, separando hembras de machos para un mejor crecimiento y evitar la sobrepoblación.

1.3.1. Ubicación geográfica

Vía Guayaquil – Balzar Km 90 Cantón Balzar. Recinto Don Bosco (1°30' Latitud Sur y 79°54'48" Longitud Este) Colindante con Hacienda."El Rocío" y Finca "El Retiro". En el anexo 1 se muestra la ubicación de la granja Acualobster y en la foto # 1 una vista aérea de las piscinas de cultivo para tilapia y red claw.



Foto # 1. Piscinas de cultivo de Tilapia y Red Claw

1.3.2 Descripción del cultivo de tilapia y langosta de agua dulce

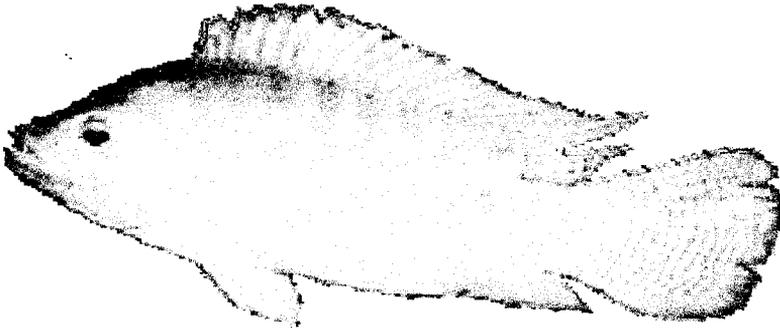


Fig. # 1 Tilapia de 400 g para cosecha, (Tomado de página web de Revista Aquatic N # 2 Febrero 1989)

Actualmente, los cultivos comerciales de tilapia son realizados en sistemas que abarcan la modalidad extensiva, la semiintensiva y la intensiva en cerramientos tipo estanques excavados en tierra para cualquiera de ellas. En todos estos casos, se trabaja con poblaciones monosexo macho, revertidas por hormona durante los primeros 30 días de alimentación en cultivo, hasta alcanzar una longitud total de 17 a 20 mm, en la figura # 1 se muestra una tilapia de 400 g para cosecha.

En sistemas extensivos se obtienen cosechas de 200 a 500 Kg por ha/ciclo, sin aporte de alimento externo; mientras que en sistemas semiintensivos se cosechan entre 4.000 a 10.000Kg por hectárea por ciclo dependiendo de la calidad del alimento utilizado y de la temperatura del agua. (Popma y Lovshin, 1994).

En sistemas intensivos en estanques, con aireación suplementaria y recambio parcial de agua (2 o más veces al día), se obtienen cosechas de más de 20.000 Kg. por hectárea. En esta misma modalidad, y utilizando jaulas suspendidas de bajo volumen (en cuerpos de agua apropiados) los rendimientos están comprendidos entre 50 y 300 Kg./m³. (Popma y Lovshin, 1994).

1.3.2.1 Tecnología de cultivo

En la granja para este estudio se contempla el sistema semiintensivo en estanques. No se consideran las fases correspondientes a reproducción, reversión sexual, ni alevinaje primario; contemplándose en el análisis económico la compra del juvenil ya revertido sexualmente por método hormonal. Por lo tanto, se comienza con la etapa de recepción de juveniles.

Preparación de los estanques de cultivo.

Encalado: El tratamiento se efectúa antes del llenado con empleo de cal común a razón de 1.000 a 2.000 kg./ha y entre 250 a 500 kg./ha, durante los años subsiguientes.

Fertilización Orgánica: 1.000 kg./ha inicial (porcina, bovina o gallinácea). Suplementaria en caso de necesidad (medidas de visibilidad de disco Secchi entre 25 y 35 cm son recomendables).

Fertilización Inorgánica: Se utiliza entre 50 a 300 Kg/ha de acuerdo a las

En sistemas intensivos en estanques, con aireación suplementaria y recambio parcial de agua (2 o más veces al día), se obtienen cosechas de más de 20.000 Kg. por hectárea. En esta misma modalidad, y utilizando jaulas suspendidas de bajo volumen (en cuerpos de agua apropiados) los rendimientos están comprendidos entre 50 y 300 Kg./m³. (Popma y Lovshin, 1994).

1.3.2.1 Tecnología de cultivo

En la granja para este estudio se contempla el sistema semiintensivo en estanques. No se consideran las fases correspondientes a reproducción, reversión sexual, ni alevinaje primario; contemplándose en el análisis económico la compra del juvenil ya revertido sexualmente por método hormonal. Por lo tanto, se comienza con la etapa de recepción de juveniles.

Preparación de los estanques de cultivo.

Encalado: El tratamiento se efectúa antes del llenado con empleo de cal común a razón de 1.000 a 2.000 kg./ha y entre 250 a 500 kg./ha, durante los años subsiguientes.

Fertilización Orgánica: 1.000 kg./ha inicial (porcina, bovina o gallinácea). Suplementaria en caso de necesidad (medidas de visibilidad de disco Secchi entre 25 y 35 cm son recomendables).

Fertilización Inorgánica: Se utiliza entre 50 a 300 Kg/ha de acuerdo a las

necesidades del estanque, los nutrientes limitantes más importantes a tener en cuenta son el nitrógeno y el fósforo. En el estudio del presente trabajo se utilizaron úrea y ácido fosfórico para suplir respectivamente cada uno de estos nutrientes.

Los estanques de precría o preengorde son estanques de 1.000 metros cuadrados (20 x 50 m) con una profundidad media de 1,20 m. Se regula el llenado para que concuerde con la recepción de alevines. Si se los prepara con demasiada anticipación existirá la posibilidad de presencia de predadores (insectos u otros peces). Los estanques de engorde deben estar preparados para la recepción de los juveniles provenientes de los estanques de preengorde.



Foto # 2 Piscina de cultivo de tilapia (Tomado de página web De ACUALOBSTER <http://www.acualobster.com.ec>)

1.3.2.2 Requerimientos ambientales de la tilapia

El híbrido rojo de tilapia, gusta de cuerpos de agua lénticos, generalmente

permanece en zonas no muy profundas cerca de la orilla donde construyen sus nidos que es una excavación en forma de un cráter que varía de tamaño dependiendo de la longitud del pez.

Los requerimientos ambientales más importantes que se toman a consideración en los procesos de la reproducción de estos peces son los siguientes:

Temperatura- Los cíclidos son peces que requieren de temperaturas elevadas para su desarrollo. La reproducción de las tilapias se da entre 22-32 °C, el rango óptimo es de 26-29°C, temperatura ideal para el engorde de estos peces es de 24-32°C.

Oxígeno- Es el parámetro más importante dentro de los procesos de la reproducción, los niveles deseados son de 7 mg/l, las tilapias se desarrollan normalmente en presencia de concentraciones de 5 mg/l, (Flores y Medrano, 1997). Finalmente si el oxígeno disuelto baja menos de 3 mg/l, el pez disminuye su metabolismo (Fondepesca, 1998).

pH- Niveles de 6.6 – 7.5 es el óptimo, pH por debajo de 4 y por encima de 11 impiden la supervivencia de los peces, pH entre 4.5 – 5.5 no permite la reproducción. La estabilidad del pH mejora las condiciones de los cultivos, la productividad natural se incrementa, constituyendo fuente de alimento para los peces que se cultivan.

Salinidad- La mayoría de las tilapias son eurihalinas y pueden vivir en aguas salobres, y algunas en agua de mar (Kirk, 1972) niveles de 10 ppt. son aceptables para la reproducción de *O. niloticus*.

Alcalinidad y dureza- Afectan directamente al metabolismo de los organismos reduciendo la producción total de tilapia. Una alcalinidad de aproximadamente de 100-200 mg/l CaCO_3 se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad de los estanques. La dureza debe estar entre 20 - 350 mg/l CaCO_3 . (Fondepesca, 1998)

Transparencia - Para los procesos de reproducción, la lectura del disco Secchi entre 25-30 cm. es recomendable, siempre que ésta sea originada por la productividad primaria.

Amoníaco - Se establece que los niveles de amoníaco en los cultivos deben ser menores a 2 mg/l.(Piña, 1993)

Nitritos y Nitratos.- Los valores de estos parámetros deben ser menores de 0,1 mg/l para nitritos y 10 mg/l para nitratos.

Las tilapias son peces muy resistentes a toda variación de los parámetros físicos - químicos del agua; esto ofrece ventajas en la producción; el mantenimiento de la buena calidad de agua del cultivo es una garantía para obtener éxitos en la producción de los alevines reversados.

Los machos y las hembras son separados para engorde, permanecen en nuevas piscinas 5 ó 6 meses más hasta que llegan a su talla y peso comercial. Adicional al alimento natural de la piscina, utilizamos alimentos balanceados, especialmente preparados para suplir las necesidades nutricionales de la langosta de agua dulce.

Cada piscina, tanto en su ciclo de presiembrado (2 meses) como en el de engorde (5 a 6 meses) está equipada con madrigueras hechas con tubos de PVC y moños de malla plástica para brindar refugio y protección a la población. Debemos considerar que es una especie caníbal, por lo tanto debemos tomar precauciones para reducir las bajas en la población.

La cosecha, tanto en los juveniles (para transferencia) como en adultos (venta) se hace por medio de cajas especialmente diseñadas para este efecto. Se aprovecha el comportamiento del animal, que tiende a caminar en contra de la corriente de agua, para lograr que éste entre a las cajas subiendo por una rampa por la cual corre agua hacia abajo. Al llegar al borde superior de la rampa, caen al interior de la caja.

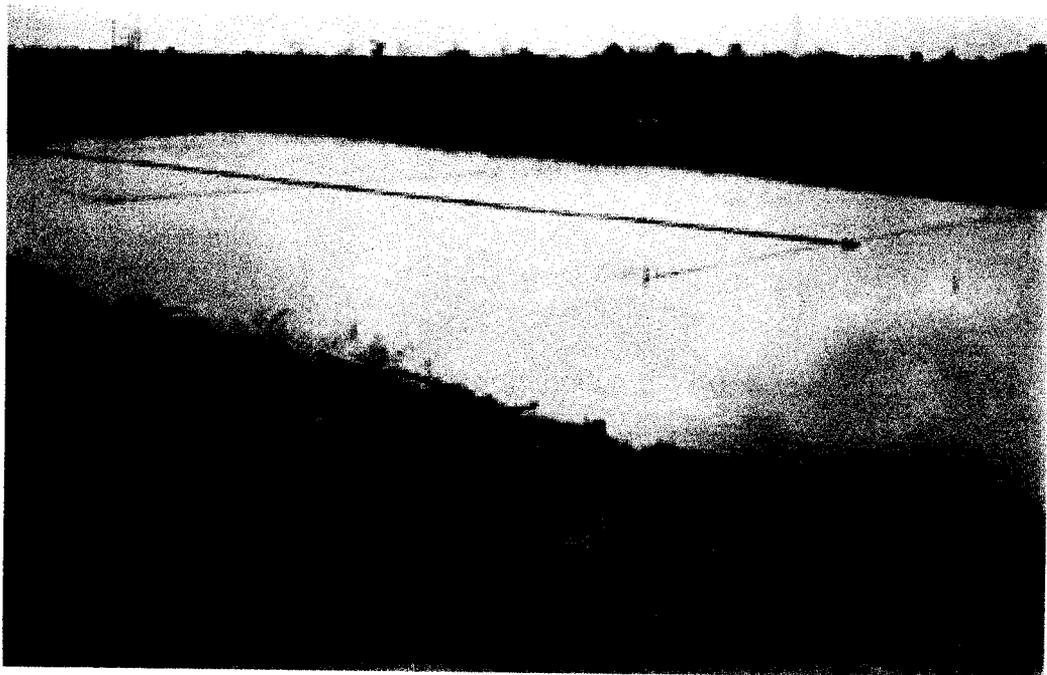


Foto # 3 Estanque de cultivo de red claw mostrando sistema de aireación por air lift

1.3.2.3 Requerimientos ambientales del red claw

Las variables de la calidad del agua de mayor importancia en el cultivo de langosta de acuerdo con Jones y Burke (1990) son:

Temperatura -. La langosta de agua dulce (red claw) presenta altas tasas de crecimiento entre los 24-32°C, sus límites letales se encuentran por abajo de los 10 °C y por arriba de los 35 °C, con un óptimo entre 27 - 30 °C.

Oxígeno -. Las langostas soportan concentraciones de 0.5 mg/l en cortos períodos, en cultivos se recomiendan que no sean menores a 5 mg/l.

pH -. Se les puede encontrar naturalmente en pH de 6.5 a 9.0, para las

condiciones de cultivo crecen mejor de 7.5 a 8.0.

Alcalinidad.- Debe ser mayor de 100 mg/l y hasta un máximo de 300 mg/l para un buen crecimiento.

Dureza -. Debido a los altos requerimientos de calcio por parte de las langostas, los bajos niveles de dureza afectan severamente los procesos de muda por lo que la concentración debe ser mayor a 50 mg/l.

Transparencia- Generalmente se debe considerar una visibilidad óptima alrededor de 40 cm en el disco Secchi (Jones y Burke, 1990).

Amonio y amoníaco.- Se considera que la concentración de amonio debe estar por debajo de 0.5 mg/l.

| VARIABLE | VALORES RECOMENDADOS |
|-------------------|-----------------------------|
| Temperatura | 24-32°C |
| Oxígeno Disuelto | Mayor a 5 mg/l |
| Amonio total | Menor a 0.5 mg/l |
| Nitrito | Menor a 0.3 mg/l |
| pH | De 7.5 a 8.0 |
| Alcalinidad total | Mayor de 100 mg/l |
| Dureza total | Mayor de 50 mg/l |
| Cloro | Mayor de 50 mg/l |
| Turbidez | 40-60 cm por disco Secchi |

Tabla 3. Valores de calidad de agua para el Red Claw (tomado del Seminario Cultivo de red claw dictado por INACUA)

CAPITULO 2

ESTUDIO DEL CULTIVO QUE GENERA ESTA AGUA

2.1 Generalidades

En lo que respecta a las descargas de agua, de granjas acuícolas (camaroneras, langosteras y otros), oficialmente se consideran como efluentes industriales, que al ser vertidos a un cuerpo receptor, pueden cambiar las condiciones físico-químicas naturales del entorno acuático.

Aunque se piensa que el origen de la piscicultura basándose en aguas residuales data del siglo XIX, puede ser mucho más antiguo. Debido a esto se formaron alargadas masas de agua, en forma de dedos, formando estanques, entre los amplios caminos de las tierras de cultivo (cultivos a partir de residuos) en algunas regiones de India y el agua podía almacenarse y utilizarse después para regar los cultivos de las tierras adyacentes y en la piscicultura basándose en aguas residuales.

([http://www.iedatos.es/busqueda.htm/piscicultura con aguas residuales /india / Calcuta](http://www.iedatos.es/busqueda.htm/piscicultura%20con%20aguas%20residuales%20/india%20/Calcuta)).

En 1945 en Calcuta, India, se empleó un área de 11570 acres (4685 hectáreas) para la piscicultura a partir de aguas residuales, cuyo rendimiento medio fue de 3.40 quintales por acre. No obstante, hacia 1985, esta área se había reducido considerablemente a sólo 7500 u 8000 acres (3037 ó 3240 hectáreas). Por otra

parte, el rendimiento de la pesca ha aumentado progresivamente desde los 3.40 quintales. La mayor producción de peces es de tilapia, gambas, camarones, etc., cerca de 7 variedades en total.

Estudios realizados durante los últimos 30 años en la zona del Golfo de Guayaquil, por el Instituto Nacional de Pesca del Ecuador en conjunto con el Woods Hole Oceanographic Institute de la Universidad de Rhode Island y Duke University of Louisiana, demostraron que no se ha presentado ninguna alteración del agua, en cuanto a algunos parámetros físico-químicos (Laniado, 1997). Se ha determinado que los residuos provenientes de los sistemas de cultivo de camarón son principalmente: heces, alimento y fertilizantes; los cuales a su vez son ricos en nitrógeno y fósforo “dos elementos de particular importancia ambiental” que afectan la calidad del agua aumentando la presencia de sólidos en suspensión y la producción de macro y microalgas (Wang, 1990).

La magnitud y el impacto que causan estos residuos sobre el medio acuático circundante, varía dependiendo de la estación del año y del momento en que se encuentre el cultivo, por ejemplo: 1) descargas de residuos causados por el transporte de sedimentos, 2) descargas intencionales (recambios de agua poco adecuados) y 3) descargas cuando las piscinas son drenadas y limpiadas para la próxima cosecha (Hopkins, 1993). Es debido a esto, que ahora algunas organizaciones internacionales no gubernamentales como (Greenpeace, World Wildlife Fundation, Environmental Defense Fund, Earth Island y Mangrove Action Project) exigen de los dueños de granjas acuícolas (camaroneras, tilapieras, langosteras, etc.,) y en especial de los acuicultores y/o biólogos a

cargo de éstas, mayor conciencia en el manejo de la calidad del agua estuarina (Panorama Acuícola).

Una opción adicional para reducir las descargas de desechos en acuicultura es el tratamiento de los efluentes de las granjas acuícolas. La alta tasa de flujo volumétrico (recambios) y la relativa dilución de las concentraciones de contaminantes en los efluentes impone una única variable en el tratamiento de las aguas residuales en acuicultura (Martínez & Borg, 1990). Las tecnologías de tratamiento de agua para acuicultura intensiva están siendo desarrolladas en ciudades industrializadas basadas en la sedimentación, decantación, oxidación biológica y filtración (Petit & Maurel, 1983). Debido a que estas técnicas están diseñadas para sistemas de alta tecnología (Mäkinen et al. 1988) se consideran las variables económicas en la producción y los costos de operación para su implementación, sin embargo hacer el tratamiento de los desechos de las granjas acuícolas tienen su dificultad en el suministro de equipos y repuestos (Muir, 1982), particularmente en países en desarrollo.

El impacto de los contaminantes en los ecosistemas de agua dulce, ríos y lagos depende del tiempo de permanencia y cantidad del flujo de agua que pasa por una unidad de área. La cinética de los cuerpos de agua (volumen y corrientes), determina la dilución y distribución de las aguas residuales (Martínez & Borg, 1990).

El drenaje de aguas residuales afecta directamente al medio ambiente, y a la salud de la gente que vive en el lugar. Por otro lado las aguas residuales

depuradas constituyen un recurso hidráulico importante en las zonas en las que hay problemas de falta de agua.

Para valorar la calidad de las aguas residuales se emplean los mismos criterios que para las aguas superficiales o subterráneas, es decir, su contenido en sales y en elementos potencialmente fitotóxicos (sodio, cloruro y boro). Pero, además, hay que tener en cuenta el contenido en microorganismos patógenos y la concentración de metales pesados, nutrientes y compuestos orgánicos. Las piscifactorías toman las aguas residuales sin tratar como un insumo y liberan efluentes ricos en nutrientes.

En una piscifactoría de India (Calcuta, Orissa) en la que se tratan aguas residuales, éstas entran sin tratar a través de una ensenada en la zona séptica, desde donde desembocan a la zona eutrófica, donde se crían y desarrollan los peces durante 10 o 15 días, y luego salen a través de un canal. Es de señalar que el agua en la zona eutrófica y la de salida tiene valores mucho más bajos de E. coli y de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que la zona séptica y un valor considerablemente alto de oxígeno disuelto durante el día; debido al proceso biológico natural que permite la producción de cadenas tróficas que a su vez sirven de alimento para los peces. La profundidad del tanque de alimentación basado en aguas residuales es de aproximadamente 1m (de 50 a 150cm) y su fondo es plano, lo que permite la entrada de los rayos de sol que matan a muchas bacterias y permite a las algas llevar a cabo la fotosíntesis.

Básicamente hay dos modos en los que el contenido orgánico de las aguas

residuales influye en la producción de peces:

1. - Mediante la mineralización de la materia orgánica que proporciona nutrientes inorgánicos a las algas o al fitoplancton, que a su vez pueden ser utilizados como fuente de alimento por las especies de peces apropiadas.

2. - Mediante el consumo directo de las aguas residuales por parte de animales que servirán después como alimento. Este método no parece tan higiénico porque en nuestro medio no estamos familiarizados con el reciclaje y sus resultados eficientes.

Ahora se ha reconocido que el modelo de piscifactorías basándose en aguas residuales ha tenido impacto en toda la India. Se ha sugerido que la creación de piscifactorías a partir de aguas residuales y que se ocupan de su tratamiento y utilización en la acuicultura parece ser un método económicamente viable de disminuir la contaminación. Las plantas de tratamiento de aguas residuales se consideran demasiado caras, es decir, que se ha intentado hacer piscifactorías a partir de aguas residuales para tratar las aguas residuales que no reciben tratamiento.

Caracterización de las aguas residuales

1) Aguas blancas.-

Elementos de contaminación atmosférica

Arenas, vegetales y biocidas.

2) Aguas negras.-

- Carga orgánica.
- Sólidos suspendidos.
- Bacterias coliformes.

3) Aguas industriales.-

- Ácidos
- Básicos
- Productos petrolíferos y grasas poco degradables
- Detergentes (problemas en decantación y reaireación)
- Metales pesados Cu, Cr, As, Cd, Pb, Hg, B
- Fenoles, cianuros, inhibidores y tóxicos
- Productos radioactivos

Contaminantes a tratar

- Partículas en suspensión
- Contenido orgánico
- Contenido de microorganismos
- Contenido de nutrientes

El vertido de agua residuales a un cauce exige, al menos, un tratamiento secundario, logrando unas reducciones en DBO₅ del 35 % y en SS del 50 - 55 %. (Manual de depuración Uralita, 1996).

2.2 Cálculo de metabolitos

El mayor porcentaje de amonio (NH_4) en las piscinas proviene de las heces de los animales que se cultivan (Chin y Chen, 1987), el porcentaje restante se da debido a los procesos metabólicos de otros animales presentes en el cuerpo de agua. (Sonnenholzner, 1997). Este amoníaco puede ser encontrado en forma ionizada es decir (NH_4) o no ionizada, la cual constituye la forma más tóxica del nitrógeno.

Las transformaciones bacterianas y los procesos físico-químicos, incluyendo adsorción, precipitación y sedimentación física, son considerados el mejor mecanismo para remover contaminantes en estos sistemas (Reed et al, 1995)

La revitalización del agua requiere procesos físicos, químicos y biológicos, por lo que se necesitan instalaciones adecuadas para su tratamiento. La planificación de la estación, el monitoreo de la calidad del agua, la recuperación y el control de los niveles de contaminación son necesarias para tener un buen manejo de la planta de tratamiento.

Los caudales de los afluentes están siendo controlados y se está supervisando la calidad del agua, de manera que la misma pueda ofrecer a los peces y a la langosta condiciones para su buen desarrollo. También es necesaria una supervisión del entorno, ya que los datos que se generan de estas observaciones (tanto de medición de la calidad del agua como del suelo) aportan una base para la planificación y la recuperación del medio ambiente.

En el presente caso el canal de drenaje recoge agua tanto del cultivo de langostas, como de tilapia. El 75% de la finca estaría destinado al cultivo de la tilapia y el 25% para la langosta. En la actualidad se encuentra funcionando el módulo A del proyecto, con 26 piscinas destinadas a langosta y 40 piscinas de cultivo para tilapia. Los datos de producción se muestran en la tabla # 4 la cual describe un sistema trifásico para el cultivo de tilapia los cuales son fase I siembra de alevines, fase II transferencia de juveniles y fase III transferencia para engorde, cada uno con sus respectivas densidades de siembra, sobrevivencia y tamaño de engorde y cosecha final esperados para cada fase.

| FASES | DENSIDAD SIEMBRA (peces /Ha) | SUPERVIVENCIA (%) | TAMAÑO COSECHA (g) |
|--------------|---|------------------------------|-------------------------------|
| I | 125 | 70 | 5 |
| II | 35 | 80 | 80 |
| III | 5 | 80 | 450 |

Tabla 4. Datos relativos al cultivo de tilapia

Se tiene proyectado cosechar 1'183.635 Kg./año, en 3 ciclos. Según Beveridge, Phillips y Clarke (1989) la digestibilidad de las dietas(%) y la producción fecal (g de peso seco/100 g ingeridos) para *T. nilótica* es de 73 y 27, respectivamente. Para efectos del cálculo de metabolitos para la tilapia utilizaremos la tasa de excreción de nitrógeno, amonio y urea según Beveridge, Phillips y Clarke (1989. Comunicación personal con Mc.Kinney) que para *O. niloticus* es de 1,7-9,4 mg N/ Kg*h como NH₃, si bien el dato que utilizamos para el cálculo no es de la misma especie que estamos cultivando, al no disponer de información para el híbrido rojo de tilapia, es válida tener una idea aproximada de la excreción de metabolitos que puede generar este tipo de género de pez,

sin embargo hay que recordar que existe una gran variabilidad entre el nitrógeno y el amonio excretados en un pez a diferentes ambientes y entre especies, por lo que este dato solo nos sirve como marco de referencia para poder establecer la cantidad de metabolitos que pueden generar, por lo tanto si se va a obtener 394.545 Kg/ ciclo la producción de metabolitos es de 2,2 Kg. de NH_3 /ciclo.

Para el caso de la langosta de agua dulce tenemos 2 fases de producción que son fase I siembra de juveniles y fase II transferencia para engorde, en la tabla # 5 se explican las densidades de siembra, supervivencia y tamaños de cosecha esperados para cada fase:

| FASES | DENSIDAD SIEMBRA (langosta /m²) | SUPERVIVENCIA (%) | TAMAÑO COSECHA (g.) |
|--------------|---|------------------------------|--------------------------------|
| I | 12 | 60 | 15 |
| II | 4 | 70 | 65 |

Tabla 5. Datos relativos al cultivo de langosta

Se espera cosechar 36.036 Kg./año en 3 ciclos. Para efectos del cálculo de metabolitos para la langosta utilizaremos la tasa de excreción de nitrógeno, amonio y urea según Beveridge, Phillips y Clarke 1989. (Comunicación personal con Mc.Kinney) que para crustáceos es de 17-27 $\mu\text{g N g}^{-1} \text{ día}^{-1}$, y 6 – 40 $\mu\text{g NH}_3 \text{ g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ como se mencionó para el caso de la tilapia tomamos de referencia para los cálculos el valor establecido por los autores antes mencionados para los crustáceos en general, por lo tanto si se va a obtener 12012 Kg./ ciclo la producción de metabolitos es de $2.76 \cdot 10^{-4}$ Kg. NH_3 / ciclo.

Calculo del DBO futuro.

* Tilapia (PRODUCCION) 3 ciclos/año (Ps: piscina)

Cálculo Actual.

De los 40 Psi solo el 85% (34 Ps) serán destinadas a engorde, por lo tanto:

$34 \text{ Ps} * 3300 \text{ m}^2 = 112\,200 \text{ m}^2 * 5 \text{ til/m}^2 = 560\,000 \text{ til} * 0.8 \text{ (Sup)} = 448\,800 \text{ til}$
por cosechar.

$448\,000 \text{ tilapia} * 0.45 \text{ Kg./til.} = 201\,960 \text{ Kg tilapia / ciclo.}$

Cálculo Futuro

Se emplearán 66 Ps, entonces:

$66 \text{ Ps} * 3\,300 \text{ m}^2 = 217\,800 \text{ m}^2 * 5 \text{ til/m}^2 = 1\,089\,000 \text{ animales} * 0.8$

(Supervivencia) = 871 200 tilapias por cosechar

$871\,200 \text{ til} * 0.45 \text{ Kg./tilapias} = 392.040 \text{ Kg. tilapia / ciclo} * 3 \text{ ciclos/ año}$

= 1 176 120 Kg. tilapia / año

*Langosta (PRODUCCION) 3 ciclos/ año

Cálculo actual y futuro.

De las 26 Ps solo 20 se destinarán a engorde:

$$20 \text{ Ps} * 3 \text{ 300m}^2 = 66 \text{ 000 m}^2 * 4 \text{ lang/ m}^2 = 264 \text{ 000 lang} * 0.7 \text{ (Sup.)}$$

$$= 184 \text{ 800 lang por cosechar.}$$

$$184 \text{ 800 lang} * 0.065 \text{ Kg} = 12 \text{ 012 Kg lang/ciclo} * 3 = 36 \text{ 036 Kg. lang / año}$$

Cálculo del factor

DBO actual: 36 mg / l.

Q actual: 11 880 m³ / día

$$36 \text{ mg/ l} * 11 \text{ 880 000 l/día} = 427 \text{ 680 000 mg/día DBO} = 427.68 \text{ Kg./ día DBO}$$

$$\text{Producción de tilapia y langosta} = 201 \text{ 960} + 12 \text{ 012} = 213 \text{ 972 Kg. cosecha}$$

Actual.

$$\underline{427.68 \text{ Kg./día DBO}} = 1.99 * 10^{-3} \text{ Kg DBO/Kg. cosecha/ día}$$

213 972 Kg. cosecha

$$\text{Producción tilapia y langosta (futuro)} = 392 \text{ 040} + 12.012 = 404.052 \text{ Kg.}$$

cosecha FUTURO

Cálculo del DBO final

$$1.99 * 10^{-3} \text{ Kg. DBO/Kg. cosecha/ día} * 404 \text{ 052 Kg. cosecha} = 804.06 \text{ Kg.}$$

DBO dividido para el volumen final de 20'000.000 l/día nos da:

$$\underline{804 \text{ 063 480 mg/l DBO}} = 40.2 \text{ mg/l DBO}$$

20'000.000 l/día

En la foto # 4 se aprecia una vista panorámica de las piscinas que estaban en

cultivo del módulo A del proyecto, y en la foto # 5 el pozo # 1 que abastecía de agua a toda la granja.

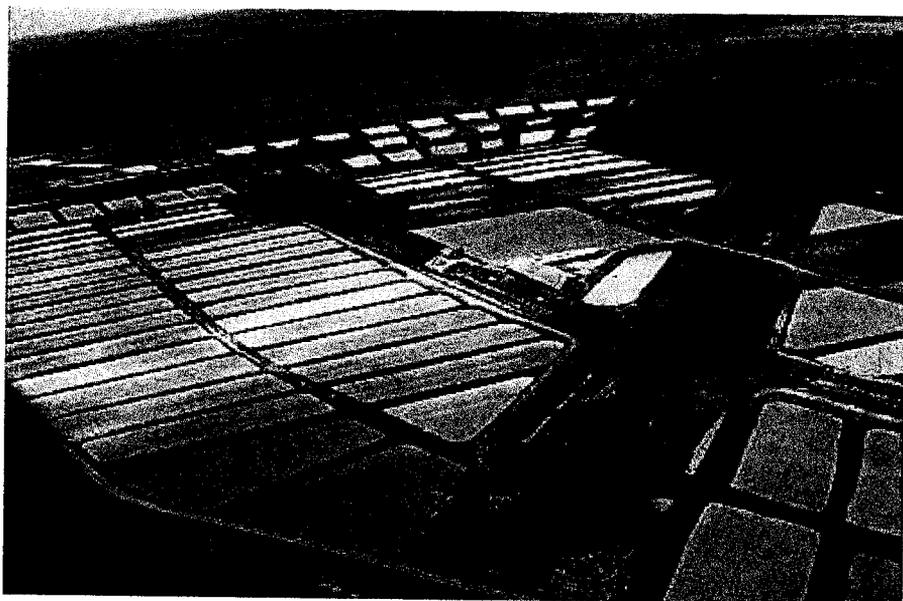


Foto # 4 Vista aérea de piscinas de cultivo de ACUALOBSTER.

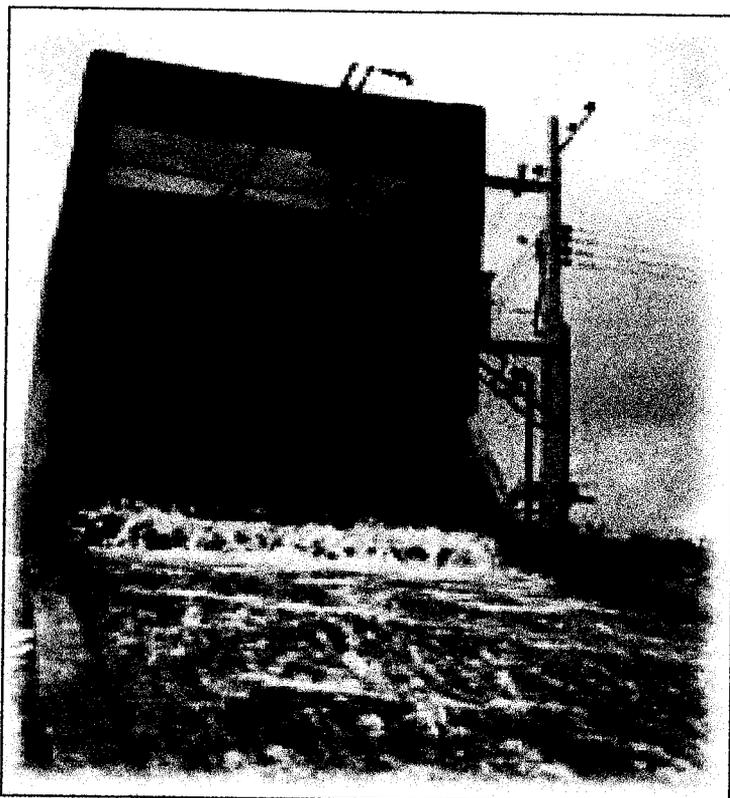


Foto. # 5 Pozo #1 de abastecimiento de agua para ambos sistemas
Tomada de pagina web de Acualobster <http://www.acualobster.com>

CAPITULO 3

MEDICIONES DE CAMPO

3.1 Planos de ubicación

El plano de ubicación de la granja acuícola en estudio y el sitio en donde se instalaría la planta de tratamiento se muestran en el anexo 1.

3.1.1 Cotas topográficas

Las cotas topográficas del terreno se muestran en el anexo 2 en el cual se aprecia el terreno antes de la construcción de la granja, es decir se distingue la cota máxima 42 metros por encima del nivel del mar, se señala además las separaciones de las curvas de nivel cada metro, la distribución es casi homogénea y la cota máxima en la cual empieza la albarrada, teniendo la misma el fondo en la cota 20.

3.2 Parámetros de calidad de agua

Las principales características químicas de calidad de agua que se analizaron en este estudio son: Oxígeno disuelto, DBO (5 días, 20 grados centígrados), Coliformes totales y fecales. Formas del nitrógeno como: nitrógeno total (mg./l), NH_4 , N. orgánico y nitratos y nitritos, fósforo total (mg./l), sólidos suspendidos (mg./l) y amonio total (mg./l). Además se realizó análisis de otras características

físico - químicas de calidad del agua que es igualmente importante para este estudio; ellas son: pH, oxígeno disuelto (mg./l), temperatura (°C), y turbidez.(mg./l).

El diagnóstico de la calidad de los cuerpos receptores, se efectuó realizando una comparación de datos de los valores determinados por las muestras tomadas en el campo, con los niveles de calidad establecidos en las leyes y reglamentos del Ecuador o en caso de no estar determinados, en otras fuentes de información, como se puede apreciar en algunos parámetros que determina la ley de conservación del agua del reglamento. No están determinadas en lo que tiene que ver con el cultivo de especies acuáticas, para lo cual tomamos como referencia a Boyd, 1996, para el manejo de la calidad de agua en estanques de cultivo.

Para el análisis de las muestras de agua se usaron algunas de las técnicas del (Hach Water Analysis Handbook) y el espectrofotómetro de HACH DREL 2000, y para el análisis de los sólidos suspendidos se utilizará la técnica descrita en el Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture (Boyd y Tucker, 1992). Protocolo general: para el análisis de nitrógeno total, fósforo total, amonio total, sólidos suspendidos; se necesita una muestra de agua de (500 ml) la cual se toma a 20 cm de profundidad en el afluente y efluente; esta muestra se almacenaron en botellas plásticas; las cuales fueron refrigeradas inmediatamente a 4°C. Esto se realizó una vez por cinco días consecutivos.

Para la determinación del amonio se utilizó el método Nessler, el cual incluye un estabilizador de minerales que ayuda a eliminar la dureza (dada por los carbonatos) de la muestra, su metodología es la siguiente. Se añade a la solución de la muestra una gota de tiosulfato de sodio 0.1 N, para cada 0.3 mg/Cl₂ a 1 litro de muestra. El agente alcohol polivinílico dispersante ayuda a la formación de color en la reacción del reactivo Nessler con los iones amonio. Un color amarillo es formado en proporción a la concentración de amonio. La lectura se la hace en el espectrómetro DREL-2000, código 380, longitud de onda 425 nm (Guartatanga y Landívar, 1997).

El análisis de nitritos se efectuó por medio del método de diotización (powder pillow), en la cual los nitritos de la muestra reaccionan con el sulfanilamide en solución ácida, para formar una sal diazonium que se une con un ácido cromotipo produciendo una coloración rosada, que es directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente (Guartatanga y Landívar, 1997) para el análisis se utilizó el espectrómetro drel-2000, código 371, longitud de onda 507 nm.

El análisis de fósforo se efectuó por el método de reducción de cadmio (powder pillow), en el cual el metal cadmium reduce los nitratos presentes en la muestra a nitritos. Los iones nitritos reaccionan en un medio ácido con ácido fulfanílico para formar una sal diazonium el cual se une con un ácido gentisico para formar una coloración ámbar, la lectura de la muestra se efectuó en el espectrómetro drel-2000, código 353, longitud de onda 400 nm (Guartatanga y Landívar, 1997).

Los sólidos suspendidos expresan las impurezas que el agua arrastra, sobre todo en situaciones crecidas de ríos, arroyos, etc., e interfieren con la transmisión de la luz y pueden crear problemas de sedimentación, además la excesiva turbidez impide la vida de los peces y desaconseja el consumo de agua. Uno de los criterios establecen que los sólidos no deben reducir la profundidad del punto de compensación (penetración de la luz solar) en más del 10% de la profundidad normalmente medida.

El análisis para la determinación de sólidos totales, sólidos disueltos y sólidos suspendidos se uso el standard methods, los sólidos representan una porción de muestra que no es perdida por la evaporación. Los sólidos incluyen materia orgánica disuelta, partículas de materia orgánica sustancias inorgánicas disueltas excepto gases, el dióxido de carbono contenido en bicarbonato, y sustancias inorgánicas particulada.

La concentración de sólidos totales (ST) es determinada por evaporación de una muestra de agua, pesando el residuo, y expresando el peso del residuo en mg/l. Para determinar la concentración de sólidos totales disueltos (STD), una muestra es filtrada para remover la materia particulada, la muestra filtrada es evaporada, y el residuo pesado. Su concentración indica los mg/l de materia orgánica e inorgánica disuelta en una muestra de agua. Los sólidos totales suspendidos (STS) pueden ser estimados por el peso del residuo retenido en el filtro de fibra de vidrio usado en el análisis de sólidos totales disueltos, los materiales y equipos usados son Balanza analítica 0.0001 g, mufla, estufa, bomba al vacío, filtro de fibra de vidrio *GELMAN Type A/E* o equivalente, desecador con silica

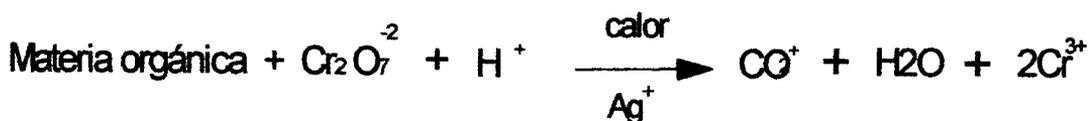
gel, pinzas, cápsula de porcelana y cilindro graduado 100 ml. (Guartatanga y Landívar 1997).

Los fosfatos son los nutrientes necesarios para el crecimiento de plantas marinas en los lagos, estuarios y ríos de poco movimiento. A su vez el exceso de nutrientes causa eutroficación de estos cuerpos. El criterio de calidad de fosfato es controversia en la actualidad, pero un límite de concentración comúnmente aceptado es de 1.0 mg/l. Para el análisis del fósforo el método utilizado es del ácido ascórbico o del ortofosfato (powder pillows). El ortofosfato reacciona con el molibdato en un medio ácido para producir un complejo fosfomolibdato. El ácido ascórbico reduce este complejo, dando un intenso color azul se uso el espectrofotómetro drel-2000, código 490 o 491, longitud de onda de 4990 nm (Guartatanga y Landívar 1997).

El DBO expresa el contenido de materia orgánica oxidable que contiene el agua, cuanto mayor sea su valor peor será la calidad del agua, la prueba de DBO es un ensayo biológico en donde se estima la velocidad y el grado de la degradación aeróbica de la materia orgánica en términos de la cantidad de oxígeno consumido durante su degradación. La prueba de DBO es realizada por incubación de una muestra de agua por un periodo de 5 días a 20 °C y se determina el cambio en el contenido de oxígeno disuelto, se utilizó la técnica manométrica para la lectura de DBO, que es directa y no requiere el cálculo del OD. El equipo consiste en un motor giratorio, el cual consta de una base con poleas giratorias que funcionan con corriente eléctrica. En cada base de la polea se coloca el frasco para DBO en la muestra se coloca una barra magnética para

que gire y mezcle la muestra. La botella tiene tapón de caucho que contiene Hidróxido de litio (LiOH) y está cerrada herméticamente y conectada a un manómetro. Por acción de las bacterias todo el CO₂ producido sale a la superficie y llega al tapón y forma carbonato de litio, en el tapón se forma un vacío y marca una presión que está calculada a la DBO (es decir por diferencia de presión), tiene dos tipos de escala: 0--70 escala corta y 70-700 escala larga. (Guartatanga y Landívar 1997).

La DQO o Demanda Química de Oxígeno de un agua contaminada es una medida del oxígeno equivalente de la materia orgánica susceptible a la oxidación por un químico fuerte. La materia orgánica destruida por la mezcla de ácidos crómicos y sulfúricos es convertida a CO₂ y agua. El procedimiento de ensayo consiste en la adición de cantidades medidas de dicromato de potasio estándar, reactivo ácido sulfúrico conteniendo sulfato de plata, y un volumen medido de muestra dentro de una jarra graduada. Después de pegar un



condensador en el tope, ésta mezcla es vaporizada y condensada por 2 horas.

La oxidación de la materia orgánica convierte el dicromato a cromo trivalente.

Después del enfriamiento, se lava el condensador, y se diluye la mezcla con agua destilada. El exceso de dicromato remanente en la mezcla es medido por

titulación con sulfato de amonio ferroso estandarizado. Al mismo tiempo, una muestra "en blanco" de agua destilada es llevada por el mismo proceso de ensayo. El propósito de ensayar la muestra "en blanco" es compensar cualquier error que pueda resultar de la presencia de materia orgánica extraña a los reactivos. Comúnmente, el DQO es usado para definir la resistencia de las aguas servidas industriales que no sean tan fácilmente biodegradables o que contengan compuestos que inhiben la actividad biológica (Theodore L. Y McGuinn Y.C., 1993).

Los coliformes totales /100 ml expresan la contaminación de origen orgánico y la presencia de organismos patógenos en las aguas. El criterio de calidad de aguas en donde se cultivan especies marinas para alimentación es estricto, la concentración media de coliformes fecales no debe exceder los 14 coliformes fecales por cada 100 ml y que el 10 % de las muestras no exceda a los 43 coliformes fecales por cada 100 ml, debe haber un mínimo de 5 muestras tomadas durante un periodo de 30 días. El análisis básico de coliformes es el ensayo presuntivo basado en la producción de gas durante la fermentación de una solución de lactosa, la cual contiene extracto de carne, peptona, y lactosa (leche azucarada). Porciones de 10 ml de una muestra de agua son transferidas hacia tubos de fermentación preparados usando pipetas estériles. Dichos tubos contienen un pequeño contenedor invertido. Los tubos inoculados son colocados en un incubador de aire caliente a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. El ensayo es positivo, posibilidad de presencia de bacterias coliformes, cuando se observa una burbuja en el contenedor invertido; esto indica crecimiento con producción de gas (Viessman y Hammer 1993)

3.2.1 Caracterización de los efluentes

En la tabla # 6 se muestran los promedios, de las concentraciones de efluentes y los límites recomendados según la ley de nuestro país y en caso de no encontrar según límites recomendados para acuicultura. En la tabla 7 se muestran los rangos, # de mediciones y desviación estándar de los parámetros que se midieron en los puntos de aforo y según los cuales procedimos a hacer los cálculos para el diseño de nuestros sistemas.

| Parámetro | Unidad | Conc. Prom. Del efluente | Lim. Recomend. (a) | Conc. Según ley (b) |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|
| pH | | 7,7 | 6,5 - 9,0 | 6,5 - 9,0 |
| Oxígeno disuelto | mg/l | 7,1 | $\geq 4,0$ | $\geq 5,0$ |
| DBO | mg/l | 41 | $\leq 10,0$ | < 80% de la carga |
| DQO | mg/l | 38 | - | < 80% de la carga |
| Sólidos Susped. | mg/l | 270 | < 80% de su descarga | < 80% de la carga |
| Sólidos Totales | mg/l | 67.900 | < 80% de su descarga | < 80% de la carga |
| Coliformes totales | NMP/100 ml | 37×10^3 | ≤ 4.000 | - |
| Sulfuros | mg/l | 0,016 | $\leq 0,2$ | 0,0002 |
| Alcalinidad | mg/l de CaCO ₃ | 250 | ≤ 90 | - |
| Dureza | mg/l de CaCO ₃ | 480 | $\leq 75,0$ | - |
| Nitritos | mg/l de N | 0,03 | $\leq 1,0$ | - |
| Nitratos | mg/l de N | 5,8 | $\leq 10,0$ | - |
| Fósforo | mg/l | 0,61 | $\leq 0,05$ | - |
| Amonio | mg/l | 0,15 | $\leq 0,13$ | - |
| Materia Orgánica | % | 3,31 | | - |
| Hierro | Ug/t | 1,06 | $\leq 1,0$ | - |
| Caudales | M ³ /s | 0,14 | - | - |
| Temperatura | °C | 24,0 | ≥ 18 y < 32 | ≤ 32 |
| Sulfatos | (mg/l) | 0,099 | $\leq 12,0$ | |

Tabla 6. Concentración promedio de los parámetros analizados.

(a) Datos según (Boyd, 1996), Manejo del suelo y de la calidad del agua en la Acuicultura de piscinas camaroneras.

(b) Concentraciones promedio de descargas permitidas por la ley según el artículo N° 25; registro oficial N° 204 de junio de 1989

| Parámetro | Rango | media | Desviación estándar | # de mediciones |
|--------------------|--|----------------------|----------------------------|------------------------|
| pH | 7.2 - 8.1 | 7,7 | 0.35 | 5 |
| Oxígeno disuelto | 5.36-8.6 | 7,1 | 1.37 | 5 |
| DBO | 38.2-43.5 | 41 | 2.22 | 5 |
| DQO | 35.6-40.2 | 38 | 2.00 | 5 |
| Sólidos Susped. | 201-360 | 270 | 60.7 | 5 |
| Sólidos Totales | 60500-73600 | 67.900 | 5128.1 | 5 |
| Coliformes totales | 35x10 ³ -40x10 ³ | 37 x 10 ³ | 2,345*10 ³ | 5 |
| Sulfuros | 0,012-0,020 | 0,016 | 3,54*10 ⁻³ | 5 |
| Alcalinidad | 220-275 | 250 | 22,07 | 5 |
| Dureza | 420-540 | 480 | 52,08 | 5 |
| Nitritos | 0,0226-0,0468 | 0,03 | 0,01 | 5 |
| Nitratos | 4,8-6,3 | 5,8 | 0,59 | 5 |
| Fósforo | 0,4860-0,7865 | 0,61 | 0,12 | 5 |
| Amonio | 0,1072-0,2469 | 0,15 | 0,057 | 5 |
| Materia Orgánica | 2,53-3,95 | 3,31 | 0,737 | 5 |
| Hierro | 0,86-1,30 | 1,06 | 0,167 | 5 |
| Caudales | 0,28-0,36 | 0,33 | 0,037 | 5 |
| Temperatura | 23.8-24,7 | 24,0 | 0,25 | 5 |
| Sulfatos | 0,090-0,109 | 0,099 | 7,93*10 ⁻³ | 5 |

Tabla # 7 Rangos, y desviación estándar de los parámetros de los caudales medidos en nuestro sistema.

3.3 Medición de caudales

Para determinar los caudales de agua que constituían nuestros afluentes con los cuales diseñamos nuestros procesos, utilizamos la siguiente metodología: Se midió el caudal y se tomaron muestras 5 días, en el canal de drenaje que recoge toda el agua, especialmente los días de faena para determinar los caudales máximos, esto se lo realizó por medio de pelotas de ping-pong a las cuales para darle mayor estabilidad fueron perforadas y se introdujo arena hasta un 25% de la capacidad de la pelota estas eran arrojadas al canal y con un cronómetro medimos el tiempo que tardaba en recorrer 5 metros. El canal de drenaje tenía forma trapezoidal con 2m de base menor, 5m de base mayor y altura de 0,8m; dando un área transversal de 2,8 m². Los resultados obtenidos fueron los siguientes (Tabla 7).

| AFORO DE CAUDALES | | |
|--------------------------|---------------------------|---------------|
| DIA | EFLUENTE | Tiempo |
| | m³/seg. | seg. |
| JULIO-14-1998 | 0,33 | 42,42 |
| JULIO-15-1998 | 0,32 | 42,42 |
| JULIO-16-1998 | 0,32 | 43,75 |
| JULIO-17-1998 | 0,31 | 45,16 |
| JULIO-18-1998 | 0,30 | 46,66 |

Tabla 7. Aforo de caudales efectuados en ACUALOBSTER

El flujo máximo calculado es de 0,33 m³/seg. Lo que nos da 11.880 m³/día, asumiendo 10 horas de recambio al día, este valor que es el flujo normal de evacuación en toda granja langosteras, es el que se va a ingresar en el software de EDAR de URALITA que sirve para diseñar Estaciones Depuradoras de

Aguas Residuales, (Hernández et al, 1995).

Estas mediciones directas nos fueron útiles para hacer la base de nuestro programa de medición de caudales. Los parámetros que se obtuvieron fueron de mucha ayuda para el diseño de la planta, aunque por problemas de logística no pudimos diseñar una planta con los caudales máximo semanal, máximo diario y máximo horario, caudales de infiltración y contribución por aguas lluvias, ya que no pudieron identificarse debido a las condiciones de la granja.

Todos estos parámetros son necesarios a la hora del diseño, ya que el caudal máximo semanal se refiere específicamente en la granja de estudio a los caudales por recambio máximo del total de las piscinas que estaban en cultivo, lo que en un momento de emergencia podrían traer problemas al no diseñar una planta que soporte este caudal en un momento dado, lo mismo sucede con el manejo diario de las piscinas, ya que a veces por problemas inherentes al cultivo o enfermedades se necesitan hacer recambios mayores a los programados, también el aporte de agua en la época de lluvia eleva el caudal de desfogue, todas estas consideraciones que no se pudieron medir directamente en el campo, se tomaron en cuenta a la hora de ingresar los datos en el software que de alguna manera compensaban para el diseño preliminar que sería corregido cuando se dispongan de estos valores y poder así compararlos.

Los gráficos de las concentraciones de: amonio, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos, materia orgánica, oxígeno disuelto, temperatura, fósforo y nitrógeno total de las muestras analizadas se presentan en el Anexo 3.

Las aguas residuales a ser evacuadas por el sistema están constituidas por:

1º Aguas residuales del canal que recoge las aguas de recambio de todo el sistema, y estas son recogidas para ser tratadas, las mismas después son vertidas en una pequeña represa de la cual se bombea el agua para su recirculación.

2º Aguas residuales aledañas provenientes del desecho de las aguas servidas del campamento de la granja acuícola.

El caudal medio diario de aguas residuales se calculará para el principio y final del período de diseño, es decir calcular el caudal que se tiene actualmente y luego cuando ya se tenga un diseño preliminar volver a calcular para confirmar los datos o corregirlos en caso de alguna anomalía.

procesos de tratamiento para una planta determinada, consta de diferentes pasos y evaluaciones que variarán en función de la complejidad del proyecto y de experiencia del ejecutor del mismo.

El análisis de procesos deberá tener en cuenta:

- 1). Factores importantes en la elección del proceso
- 2). Análisis cinético
- 3). Relaciones empíricas
- 4). Efecto de la variación de los caudales y de las cargas de contaminantes sobre los procesos
- 5). Fiabilidad del proceso en el cumplimiento de las normativas vigentes.

(Metcalf & Eddy. Volumen 1 pag 191. Tercera edición.)

La complejidad del Proyecto y la considerable financiación requerida, exigen una progresión por fases a corto, medio y largo plazo. El grado de progresión depende de la financiación. La conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible son dos objetivos principales de este Proyecto.

4.1 Descripción breve de tipos de tratamiento existentes

Los procesos utilizables para la depuración de las aguas dependen del tipo de afluente, pudiéndose clasificar en:

- Procesos físicos
- Procesos químicos

- Procesos biológicos

4.1.1 Procesos físicos

Los más comunes son: desbaste por rejillas, tamices o filtración mecánica, desengrasado para la retirada de grasas, aceites, hidrocarburos y elementos flotantes en las aguas, sedimentación para eliminar los sólidos en suspensión (tales como arcillas, arenas, limo, etc.) por su mayor densidad con relación a la del agua, lo que nos permite por acción mecánica u otro medio poder sedimentarlos, flotación para eliminar materias en suspensión (materiales grandes como palos, plásticos, etc.) por su menor densidad con relación a la del agua, lo que les permite flotar y absorción para eliminación de microcontaminantes, color, fenoles, etc.

4.1.2 Procesos químicos.-

Se utilizan principalmente: floculación y coagulación, utilizables cuando existe dificultad para la sedimentación de las partículas en suspensión, neutralización para modificar el pH, oxidación, reducción, como utilización de sulfato de hierro para eliminar cromo; intercambio iónico, para eliminación de cobre, zinc, plomo, etc.

4.1.3 Procesos biológicos

Se busca una doble acción, la metabólica y la floculación de las partículas en suspensión. Los procesos convencionales son: fangos activos y lechos bacterianos.

Los lechos bacterianos son sinónimos de filtros biológicos o filtros percoladores. Los cuales son procesos de tratamiento secundario formado por un medio filtrante de piedra gruesa o de material sintético, sobre el cual se distribuye el agua residual que percola hacia abajo. La película de microorganismos que crece en el medio de contacto metaboliza la materia orgánica del desecho y se desprende, siendo removida en el proceso de sedimentación secundaria (Normas IEOS).

Los fangos activos consisten en un reactor biológico seguido de una decantación. El reactor biológico, donde se mantienen los microorganismos y los floculos en suspensión, sirve para que dichos microorganismos lleven a cabo su acción metabólica, lográndose la floculación de las partículas en suspensión. Una vez alcanzada una floculación adecuada, las aguas con los floculos pasan al decantador secundario donde se realiza una separación sólido-líquido. Los fangos activos son procedentes de tratamientos secundarios, son de color marrón, relativamente ligeros, y si están bien aireados no presentan mal olor con tanta rapidez como los fangos primarios (Manual de depuración Uralita. 1995).

Los procesos anteriores de tratamiento de las aguas deben complementarse con unos procesos de tratamiento de lodos, donde aparecerán los elementos

retirados de las aguas.

4.2 Fases de la depuración

Desde el punto de vista de los rendimientos alcanzables en los procesos de depuración, estos se clasifican en:

- 1.) Depuración primaria o física.
- 2.) Depuración secundaria, normalmente por procesos secundarios.
- 3.) Depuración terciaria

Los rendimientos alcanzables por estos procesos pueden ser los reflejados en la tabla siguiente:

| Proceso de depuración | % de remoción | | |
|---|---------------|-----------------------|---------|
| | DBO | Sólidos en Suspensión | E. Coli |
| Cloración del agua bruta o sedimentada | 15 - 30 | - | 90 - 95 |
| Depuración Primaria. Sedimentación | 25 - 40 | 40 -70 | 25 -55 |
| Depuración secundaria. Precipitación química. | 50 -85 | 70 -90 | 40 -60 |
| Depuración Secundaria. Lecho bacteriano de alta carga precedido y seguido de sedimentación | 65 - 92 | 65 - 92 | 80 |
| Depuración Secundaria. Lecho bacteriano de baja carga precedido y seguido de sedimentación. | 80 -92 | 70 - 92 | 90 |
| Depuración secundaria. Fangos activos de alta carga, precedidos y seguidos de sedimentación. | 65 -92 | 65 -92 | 80 |
| Depuración secundaria. Método convencional de fangos activos, precedidos y seguidos de sedimentación. | 75 - 92 | 85 -92 | 90 |
| Depuración Terciaria | 92 - 98 | 93 -98 | |
| Cloración del agua tratada biológicamente | | | 98 -99 |

Tabla 8 Porcentajes de remoción de los diferentes tratamientos (tomado de Uralita, 1995)

4.2.1 Pretratamiento

El primer paso en la Depuración del agua residual a de consistir, lógicamente, en una eliminación de materias gruesas y arenosos, cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento y el eficiente funcionamiento de las máquinas, equipos, e instalaciones de la estación depuradora.

El pretratamiento consta de los siguientes procesos:

- Aliviadero de agua en exceso, para evitar sobrecargas hidráulicas en el proceso
- Desbaste, para eliminación de las partículas de tamaño excesivamente grande
- Tamizado, para eliminación de partículas en suspensión.
- Trituración de los elementos retenidos en el desbaste (sistema útil cuando se quiere evitar el taponamiento de las rejillas y extracción de subproductos.)
- Desarenado, para eliminación de arenas y sustancias sólidas densas en suspensión.
- Desengrasado, para eliminación de los distintos tipos de grasas y aceites presentes en el agua residual, así como de otros elementos flotantes.

4.2.1.1 Rejillas de desbaste.-

El desbaste se realiza por medio de rejillas (rejas, mallas o cribas), y tiene como objeto retener y separar los cuerpos voluminosos y en suspensión y contra el atascamiento de sólidos gruesos y material fibroso. Aún en los procesos de pretratamiento y de tratamiento más simples como las lagunas, son indispensables para impedir la obstrucción de vertederos, facilidades de división de flujo y la formación de natas, de modo que deben utilizarse en toda planta de tratamiento. En general la cantidad de material retenido en las cribas con aberturas del orden de 25 mm está comprendido entre 0,015 y 0,03 Kg por m³ de agua residual. Las cribas o rejas tienen la finalidad de proteger las bombas y otras unidades de la planta (Manual de Uralita).

El desbaste ayuda a:

- Eludir posteriores depósitos.
- Evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general.
- Interceptar las materias que por sus excesivas dimensiones podrían dificultar el funcionamiento de las unidades posteriores (desarenador, medidor de caudal, decantadores, etc.).
- Aumentar la eficiencia del tratamiento posterior.

Las rejillas pueden clasificarse, según a distintos criterios, en:

- Horizontales, verticales, inclinadas y curvas.
- Finas, medias y gruesas.
- Fijas o móviles.
- De limpieza automática, semiautomática o manual.

Por razones de mantenimiento y economía en el diseño de la planta se evitó la colocación de rejas de sistema automático de limpieza y extracción de residuos, en su lugar se diseñó un sistema de limpieza manual, que da excelentes resultados. De haber algún cambio y si es necesario se diseñará un sistema limpiador automático que pueda ser regulado de acuerdo a los siguientes criterios (Manual de Uralita).

- Intervalo de tiempo fijo.
- Intervalo de tiempo modificado con arreglo al grado de obstrucción de la rejilla.

El destino de los residuos en las rejillas puede ser:

- Almacenamiento temporal del material cribado durante por lo menos dos días.
- Disposición final del material cribado que debe ser enterrado y cubierto con una capa de tierra de por lo menos 20 cm.
- Las compuertas y/o vertederos necesarios para poner fuera de

funcionamiento (en seco) cualquiera de las unidades, para su mantenimiento.

- Enterramiento:

Zanjas de 1 m de profundidad, capas de residuos de 20 cm de espesor, mineralización en 5 años (tomado del Manual de depuración URALITA, 1996).

- Incineración.

Las características de las materias retenidas en las rejillas se muestran en la tabla # 9.

| Características | % |
|-------------------------------|----------|
| Contenido de humedad | > 30 |
| Contenido de materia orgánica | 75 – 80 |
| Contenido de materia inerte | 20 – 25 |

Tabla 9 Características de las materias retenidas en rejillas Tomado del Manual de Uralita

4.2.1.2 Desarenado y desengrasado

Las arenas y las grasas pueden perjudicar el buen desenvolvimiento de las plantas depuradoras causando numerosos problemas como:

- Causan obstrucción y aumentan gastos de mantenimiento.
- Formación de capas superficiales que evitan sedimentación.
- Producen problemas en fangos (reducen transferencia al 55% - 70% al subir la grasa de 0 a 70 mg/l).
- Perturban la digestión.
- La DQO se puede incrementar en un 20 a 30%.
- Separa los elementos pesados en suspensión que perjudiquen el tratamiento

posterior de fangos.

Las posibilidades de evacuación son por medio de: bombas sumergibles o bomba "mammut", los desarenadores se pueden clasificar en: desarenadores de flujo horizontal, desarenadores de flujo vertical y desarenadores de flujo inducido. Para un buen trabajo de los desarenadores es de importancia la velocidad de ascensión. Ya que la velocidad de caída de la materia orgánica es de 3 a 4 cm/s, si mantenemos una velocidad igual a 6 cm/s aseguramos la retención de granos de 0,25 y 0,5 mm sin depósitos de materia orgánica.

La eliminación de las burbujas de grasas se lo efectúa por emulsión hacia la superficie (3 y 4 mm/s), uso de bolsas de decantación y raquetas de eliminación. Aquí las velocidades no se modifican, con lo que se obtienen arenas más limpias y las partículas de arena al sedimentarse desaceleran la ascensión de grasas.

4.2.1.3 Depuración física, decantación

La reducción de la velocidad de corriente por debajo de un determinado valor (eficacia deseada), es el fundamento de la eliminación de un 50 a 60 o 100% de SS, DBO y cierta depuración biológica. Los elementos fundamentales de todo decantador son:

- Entrada del afluente.
- Deflectores para conseguir una buena repartición del canal del efluente y de

los materiales flotantes.

- Vertedero de salida ($< 10 - 12 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$).
- Características geométricas (rectangular, cuadrada o circular).
- La sedimentación puede ser horizontal o vertical.
- Carga Hidráulica: $C_H = Q/A$; $C_H =$ Carga hidráulica ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)
 $Q =$ Caudal circulante a depurar (m^3/h)
- Tiempo de retención: $t_r = V/Q$; $A =$ Superficie horizontal (m^2)
 $t_r =$ Tiempo de retención (h)
 $V =$ Vol. tanque de decantación (m^3)

La carga hidráulica viene expresada por la velocidad de un caudal de agua que pasa por una unidad de área y se expresa así: ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$).

4.3 Tratamiento primario

El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga del tratamiento biológico, en caso de ser necesario. Los sólidos removidos en el proceso tienen que ser procesados antes de su disposición final, siendo los más usados los procesos de digestión anaerobia y lechos de secado. Los procesos de tratamiento primario para las aguas residuales pueden ser: tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación.

Los tanques Imhoff son tanques que tienen un proceso similar a la de una poza séptica en la cual se eliminan sólidos sedimentables y hay un proceso de digestión anaerobia de los mismos. La diferencia radica en que el tanque

consiste en un tanque de dos pisos en el que la sedimentación se produce en el compartimiento superior y la digestión de los sólidos en el inferior, los sólidos pasan a través de una apertura situada en la parte inferior de la cámara de sedimentación al compartimento inferior para su digestión sin calentamiento. La acumulación de espumas se produce en la cámara de sedimentación. Los gases producidos durante la digestión en el compartimento inferior escapan a través del sistema de ventilación. La configuración de la abertura que comunica ambas cámaras en la parte inferior de la cámara de sedimentación impide el paso a la misma de los gases generados en la digestión y de las partículas de fango que ascienden por boyantes desde la capa de fango depositada en el fondo debido a la presencia de gases.

4.3.1 Tanques de sedimentación.

Los tanques de sedimentación pequeños se proyectaron sin equipos mecánicos. La forma de estos es rectangular (con varias tolvas de lodos). La inclinación de las paredes de las tolvas de lodos será de 60° con respecto a la horizontal. La remoción de lodos se efectuará por gravedad por lo que no requiere de equipos. El uso de tanques de sedimentación convencionales implica la utilización de equipos mecánicos caros para barrido de lodos y transporte a los procesos de digestión y secado.

Los parámetros de diseño de tanque de sedimentación primaria y sus eficiencias deben ser determinados experimentalmente y pueden usarse algunos criterios de diseño que deben ser tomados en cuenta únicamente como referencias, ya

que el diseño definitivo debe estar basado en datos reales tomados en campo: Los canales de repartición y entrada a los tanques deben ser diseñados para el caudal máximo horario, los requisitos de área deben determinarse usando cargas superficiales entre 30 y 60 m³/d basado en el caudal medio de diseño, lo cual corresponde a una velocidad de sedimentación de 1,25 a 2,5 m/h, el período de retención nominal será entre 1,5 a 2,5 h (recomendable <2 h), basado en el caudal medio de diseño, la profundidad se obtiene del producto de los dos parámetros antes indicados y debe estar entre 3 y 3,5 m (recomendable 3 m), la relación largo/ancho debe estar entre 3 y 10 (recomendable 4) y la relación largo/profundidad debe ser igual o menor que 30, la carga hidráulica en los vertederos será de 125 a 500 m³/d por metro lineal (Recomendable 250), basado en el caudal medio de diseño.

El retiro de los lodos del sedimentador debe efectuarse en forma cíclica e idealmente por gravedad, la velocidad en la tubería de salida del lodo primario debe ser por lo menos 0,9 m/s, el sistema de entrada al tanque será diseñado en tal forma que garantice la distribución uniforme del líquido a través de la sección transversal y se eviten taponamientos, el sistema de vertederos de salida se hará de tal manera que se evite la formación de corrientes que promuevan el arrastre de sólidos sedimentados, se deberá hacer un sistema de recolección de natas, las que deben recogerse en un pozo especial, para transporte desde allí hasta el proceso de digestión.

La pendiente mínima de la tolva de lodos será 1,7:1 (vertical a horizontal). En los sedimentadores rectangulares, cuando la tolva sea demasiado ancha, se

deberá proveer un barredor transversal desde el extremo hasta el punto de extracción de lodos.

TIPO DE CARGA

| PARÁMETRO | BAJA | ALTA |
|--|-----------|------------|
| Carga hidráulica, m/d | 1-4 | |
| Carga orgánica, Kg. DBO/(m ³ *d) | 0,08-0,32 | 0,32-1 |
| Profundidad (lecho de piedra),(m ³) | 1,5-3 | 1 -2 |
| (medio plástico), (m ³) | | hasta 12 m |
| Razón de recirculación | 0 | 1 - 2 |

Tabla 10. Parámetros de diseño para filtros percoladores (Tomado de Normas IEOS)

4.4 Tratamientos secundarios.

Para aguas residuales domésticas normalmente se usan tratamientos secundarios que involucran procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO por encima del 82% tales como: lagunas de estabilización, lodos activados (incluyendo la modalidad de zanjas de oxidación), filtros biológicos, módulos rotatorios de contacto y lechos anaeróbicos fluidizados.

Los tratamientos secundarios biológicos pueden ser de dos tipos: biomasa en suspensión y biomasa adherida. La selección del tipo de tratamiento deberá estar debidamente justificada en el estudio de factibilidad.

Entre los métodos de tratamiento biológico con biomasa en suspensión se preferirán aquellos que sean de fácil operación y mantenimiento y que reduzcan

al mínimo la utilización de equipos mecánicos complicados o que no puedan ser reparados localmente. Entre estos métodos están las lagunas y los sistemas de lagunas de estabilización y las zanjas de oxidación de operación intermitente o continua. El sistema de lodos activados convencional y las plantas paquete de este tipo podrán ser utilizados sólo en el caso en que se demuestre que las otras alternativas sean inconvenientes, técnica y económicamente. Al igual que el método anterior los tratamientos biológicos con biomasa debería ser de fácil operación y que carezcan de equipos complicados o de difícil reparación. Entre ellos están los filtros percoladores, los reactores con módulos rotatorios y los lechos anaeróbicos de contacto.

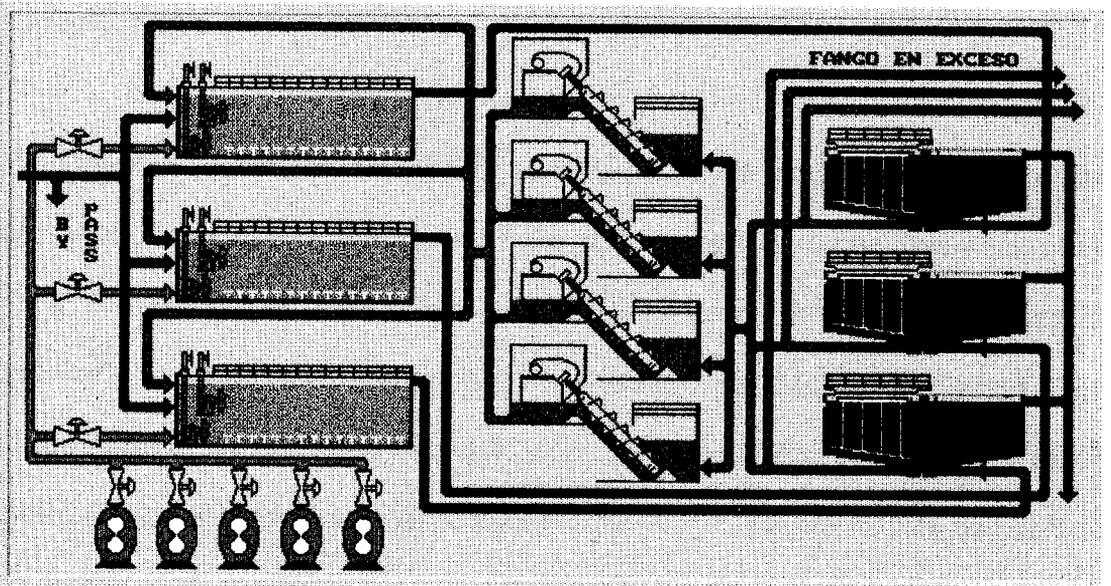


FIG # 4 Tratamiento biológico de un EDAR (ESTACION DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES), tomado de <http://www.ole.com/RainForest/EDAR/Tratamiento>

4.4.1 Tratamiento biológico

El tratamiento biológico persigue la transformación de la materia orgánica disuelta en sólidos sedimentables que se retiran fácilmente del proceso. Adicionalmente, se consigue la coagulación de sólidos coloidales y en suspensión.

Si bien todos los tratamientos biológicos consiguen disminuir la DBO_5 , solamente se consigue eliminar nitrógeno y fósforo si se diseña un proceso específico para ello.

El tratamiento biológico se realiza en varios reactores biológicos. Estos pueden presentar apariencias muy diversas (circulares, rectangulares, canales, etc.). Para conseguir que entre oxígeno para los microorganismos, y producir la necesaria agitación suele haber electroagitadores superficiales o inyección de aire que sale por domos cerámicos, como en este caso, estos domos están instalados en el fondo y aportan el aire en forma de burbujas. El aire es captado de la atmósfera por varias soplantes de gran potencia.

La decantación secundaria o clarificación final se realiza en varios decantadores generalmente circulares dotados de raquetas que son suspendidas de un puente radial, arrastrando el fango hacia la zona central del decantador, donde es reciclado mediante bombas sumergibles o tornillos de Arquímedes a la entrada del tratamiento biológico. Con esta recirculación se consigue concentrar los

microorganismos hasta valores muy altos. Para mantener controlado el proceso hay que sacar continuamente fango.

Las purgas de fangos en exceso se pueden realizar desde el reactor biológico o desde la recirculación, esta última estará más concentrada.

4.4.2 Diseño de lagunas para remoción de materia orgánica

En relación con parásitos en aguas residuales, las bacterias coliformes son consideradas como organismos indicadores de presencia de patógenos, de modo que su remoción implica la remoción de otros tipos de parásitos, ya que el término coliformes según las regulaciones por la EPA (Environmental Protection Agency) incluye cualquier bacteria de las heces, suelo o cualquier otro origen que crece en una solución de lactosa, produciendo ácido y gas a 35 °C. Sin embargo es necesario garantizar la remoción de nemátodos intestinales, que son organismos más resistentes. Para una adecuada remoción de nemátodos intestinales en un sistema de lagunas, se requiere un período de retención nominal de 10 días como mínimo (Normas IEOS).

La reducción de bacterias en cualquier tipo de lagunas debe ser determinada en términos de coliformes fecales, como indicadores. Para el efecto, el proyectista podría usar el modelo de flujo disperso, con los coeficientes de mortalidad netos que se han indicado para los diferentes tipos de unidades. El uso del modelo de mezcla completa con coeficientes globales de mortalidad no es aceptable para diseño de lagunas en serie, debido a los grandes fracasos que se han

evidenciado en la práctica (Normas IEOS).

A continuación resumimos lo que hace cada proceso en el tratamiento de aguas residuales en la tabla 11.

| Proceso Unitario | Función |
|---|--|
| Tamizaje | Eliminación de grandes materiales a la entrada de aguas usadas |
| Desarenador | Elimina la arena gruesa y las piedras pequeñas |
| Dilacerador | Destrucción de desechos orgánicos |
| Decantación primaria | Reduce los sólidos en suspensión (SS). Ej. Arenas finas, limos y materia orgánica decantable. Eficiencia del tratamiento 50 a 70% de SS y 25 a 40% DBO ₅ . |
| Coagulación/floculación | Permite que las partículas en suspensión se aglomeren para formar agregados que sedimentan mejor reducción crece a un 80% en SS y 60% DBO. Puede ser reemplazado por un solo proceso. La adición de coagulantes ocasiona también la precipitación del fósforo y ciertos metales trazas. |
| Lodos activados Laguna aireada Fosas de oxidación | Son variantes del tratamiento biológico de lodos activados, teniendo los mismos principios: <ul style="list-style-type: none"> - Meter las aguas en presencia de una población bacteriana - Dar aire y substrato a las Bacterias - La población de microorganismos es controlada - Los microorganismos oxidan la materia orgánica reduciendo la DBO. |
| Decantador secundario | Sólidos en suspensión formados por los microorganismos (biosólidos). El objetivo aquí es eliminar estos sólidos |

Tabla 11 Funciones de cada uno de los procesos de depuración Tomado de Ingeniería de Aguas residuales por Metcalf & Eddy, 1995.

Para la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores de la tabla 12, en la cual se presenta bajo la columna de helminto, la remoción de huevos de nemátodos intestinales de los diferentes procesos, en unidades de ciclos logarítmicos (base 10):

| PROCESO DE TRATAMIENTO | REMOCION, % | | REM.,ciclos log10 | |
|-------------------------------|-------------|------------|-------------------|----------|
| | DBO | Sólidos S. | Bacteria | Helminto |
| Sedimentación primaria | 25 - 40 | 40 - 70 | 0 - 1 | 0 - 1 |
| Lodos activados (a) | 55 - 95 | 55 - 95 | 0 - 2 | 0 - 1 |
| Filtros percoladores (a) | 50 - 95 | 50 - 92 | 0 - 2 | 0 - 1 |
| Lagunas aeradas (b) | 80 - 90 | (c) | 1 - 2 | 0 - 1 |
| Zanjas de oxidación (d) | 90 - 98 | 80 - 95 | 1 - 2 | 0 - 1 |
| Lagunas de estabilización (e) | 70 - 85 | (c) | 1 - 6 | 1 - 4 |

(a) Precedidos y seguidos de sedimentación, (b) Incluye laguna secundaria, (c) Dependiente del tipo de lagunas, (d) Seguidas de sedimentación, (e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, período de retención y formas.

Tabla 12 Procesos de tratamiento y grados de remoción (Tomado de Normas IEOS)

4.5 Selección de la alternativa

Una vez seleccionados los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos, se procederá al predimensionamiento de alternativas, utilizando parámetros de diseño. En esta etapa se determinará el número de unidades de los procesos a ser construidas en las diferentes fases de implementación y otras facilidades de la planta de tratamiento, como: tuberías, canales de interconexión, edificaciones para operación y control, arreglos exteriores, etc. En igual forma se determinarán rubros de operación y mantenimiento, como consumo de energía y personal necesario, para las diferentes fases.

En el estudio de factibilidad técnico-económica se analizarán las diferentes alternativas en relación con el tipo de tecnología, necesidad de personal especializado para la operación, confiabilidad en condiciones de mantenimiento correctivo y situaciones de emergencia. Para el análisis económico se ensamblarán los costos directos, indirectos y de operación y mantenimiento de las alternativas, para su análisis de acuerdo con un método de comparación apropiado. En caso de ser requerido, se determinará en forma aproximada el orden de magnitud de las tarifas por concepto de tratamiento. Con la información antes indicada se procederá a la selección de la alternativa más favorable.

El objetivo de este estudio es el de llegar a una definición preliminar sobre las alternativas de solución más convenientes en lo que se relaciona con el tipo de sistema de tratamiento de las aguas residuales. Este estudio se efectuó con el uso del software del manual de URALITA, se lo seleccionó, porque el Diseño de EDAR's es una aplicación diseñada bajo Microsoft Windows, goza de la estandarización y sencillez de cualquier otra aplicación Windows. Además en la propia aplicación existen multitud de mensajes que avisan y orientan al usuario sobre las acciones a tomar o sobre los resultados de una acción determinada; también existen en el mercado varios tipos de programas que cumplen la misma función, por ejemplo el programa CEDEP pero la ventaja de Uralita es que ha sido diseñado de forma que ninguna anomalía pueda perjudicar las aplicaciones que residan en el PC ni el propio PC; hay que recordar que el dimensionamiento de los diferentes equipos aquí expuesto, debe estar sujeto a

verificaciones ya que por ser programas diseñados para el cálculo de estaciones depuradoras de residuos domésticos, asumen y toman como referencia parámetros que no son considerados para elaborar o diseñar una depuradora para granjas acuícolas, sin embargo los modelos son válidos con las respectivas correcciones para cada caso, y adaptando la tecnología para nuestro sistema y prediseño. Utilizamos el programa EDAR para el cálculo de los diferentes sistemas de los cuales disponía, a continuación se detalla brevemente las alternativas de modelos con que se contaba:

Modelos subtipos de Lechos Bacterianos

Lecho bacteriano modelo H: Lecho bacteriano, precedido de tamiz, seguido de decantación secundaria con digestión incorporada.

Lecho bacteriano modelo I: Lecho bacteriano, precedido de tamiz, seguido de decantación secundaria con digestión separada.

Lecho bacteriano modelo J: Biodisco o biocilindro, precedido de tamiz, seguido de decantación secundaria con digestión incorporada.

Lecho bacteriano modelo K: Biodisco o biocilindro, precedido de tamiz, seguido de decantación secundaria con digestión separada.

Lecho bacteriano modelo I': Lecho bacteriano, tamiz, decantación primaria, decantación secundaria, digestión conjunta o separada.

Lecho bacteriano modelo K': Biocilindro o Biodisco, tamiz, decantación primaria, decantación secundaria, digestión conjunta o separada.

En los sistemas naturales se contaba con los siguientes modelos:

Sistema natural modelo R: Filtro verde con tratamiento primario.

Sistema natural modelo S: Filtro verde con tratamiento secundario.

Sistema natural modelo T: Lechos de turba.

Sistema natural modelo U: Filtros de arena para tratamientos terciarios.

De los modelos anteriores los que se ajustaban a nuestras necesidades podíamos utilizar los modelos de: Lechos bacterianos modelo I e I' y sistemas naturales modelo R.

Para lo cual elegimos el modelo R de los sistemas naturales que por sus características convenía a la empresa, especialmente por su forma de estructuración que se adaptaba al espacio disponible, lugar en el que no causaba entorpecimiento de las operaciones de manejo del cultivo, los pasos que presentaba el modelo son los siguientes.

- Canal de entrada
- Tamizado
- Cámara de grasas y desarenado
- Decantador primario
- Digestor
- Secado

Otras consideraciones que se toman para elegir la alternativa más convenientes son las siguientes.

a) En relación con el tiempo se deben simular:

Condiciones futuras sin acciones de control; y,

Condiciones futuras con obras de intersección y tratamiento.

b) En relación con caudales del cuerpo receptor se deben simular condiciones con:

- Caudales medios mensuales
- Caudales mínimos
- Caudales máximos

c) En relación con el tipo de tratamiento, generalmente es más conveniente efectuar una serie de corridas de simulación para varias calidades de los efluentes, para de ese modo poder determinar el grado de tratamiento de las aguas residuales.

Otra manera de saber si nuestra agua residual es biodegradable es utilizando como indicadora la relación entre el DBO y el DQO, cuyo valor nos indica cuan biodegradable es; El valor encontrado para nuestra agua es de 1,07 lo que nos dice que es muy biodegradable según la tabla de biodegradabilidad de aguas residuales, por lo que el tratamiento para su posterior rehuso no implica la instalación de grandes procesos para su depuración.

De este índice se deduce fácilmente si la sustancia a depurar es de origen doméstico o industrial y nos sirve para seleccionar el método de depuración

más adecuado. Si $DBO_5 / DQO > 0,4$ es biodegradable, y para depurar se puede utilizar sistemas biológicos por fangos activos o lechos bacterianos.

Para valores menores a 0,4 pero mayores a 0,2 es un agua biodegradable pero ya no se puede aplicar cualquier sistema biológico, sólo se recomienda el empleo de lechos bacterianos. Valores menores a 0,2 son indicadores de que tenemos un agua residual no biodegradable o poco biodegradable y que no es adecuado utilizar métodos biológicos, en este caso es conveniente recurrir a procesos químicos (Manual de depuración Uralita) .

| <u>DBO₅</u> DQO | Biodegradabilidad del agua residual |
|---------------------------------------|--|
| < 0,2 | Poco biodegradable |
| 0,2 – 0,4 | Biodegradable |
| > 0,4 | Muy biodegradable |

Tabla 13 Biodegradabilidad de un agua residual
Tomado de Manual de Depuración URALITA

4.5.1 Justificación

Hemos seleccionado estos procesos de tratamiento porque son relativamente más flexibles en comparación con otros, son adaptables a la variabilidad de las condiciones del afluente. Uno de los factores más importantes que hay que tener en cuenta en el proyecto de una planta es la elección de procesos compatibles con las variaciones de caudales y cargas, pero además que sean capaces de producir un efluente de calidad permanente y dentro de los límites permitidos.

4.5.2 Eficiencia esperada

Sobre la base de los criterios de diseño, a los datos de los efluentes de nuestra agua residual y a las tablas de eficiencia de remoción, esperamos contar con un porcentaje de remoción del 65 % en nuestro diseño.

La planta de tratamiento ha sido diseñada considerando que crecerá un 50% en el transcurso de 5 años, esta asunción se la hizo debido a que cuando nos motivamos a desarrollar este tema la granja presentaba un crecimiento dinámico, porque el cultivo de langosta estaba en apogeo.

4.5.3 Diseño conceptual del sistema de tratamiento

Se conocen como operaciones unitarias aquellos métodos de tratamiento en los que predominan los procesos físicos, mientras que aquellos métodos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza basándose en procesos químicos o biológicos se conocen como procesos unitarios. Las operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para constituir los así llamados tratamiento primario, secundario y terciario (o tratamiento avanzado).

En nuestro proyecto usaremos un sistema de filtración que remueva una parte de la materia orgánica para disminuir el DBO. Se proyecta un valor de DBO cinco veces mayor debido al incremento de las densidades de siembra en un futuro, causados por la alimentación que se les da a los peces y langostas en las piscinas.

El alimento que reciben los animales de cultivo tanto tilapias como langostas es balanceado con 28 % de proteína, la cantidad total de alimento suministrado es aproximadamente 1,5 veces el peso final que alcanzan los animales hasta el tamaño de cosecha, las dosis diarias son sobre la base del peso promedio semanal del animal, por ejemplo un animal con 100 g de peso recibe un 5% de su biomasa esto es 5 g de alimento diario, del total de alimento suministrado el animal asimila aproximadamente un 65 %. El 35 % se desperdicia como residuo de alimento no ingerido y el resto va al fondo como heces fecales. (Comunicación personal. Ing. Marcelo Salame).

Hay que tener en cuenta que, en general las aguas residuales tienen más sólidos en suspensión que las aguas normales y, por tanto, la frecuencia de limpieza de filtros tiene que ser mayor.

Aunque parte de los sólidos en suspensión se pueden eliminar mediante el uso de embalses de sedimentación, que además sirven de embalses de regulación, su empleo puede introducir otros problemas como el crecimiento de algas (que en estas aguas es mucho mayor por su contenido en nutrientes.)

Se ha desarrollado un diseño conceptual, debido a que por motivos económicos, la empresa no puede poner en funcionamiento una planta piloto de la cual sacar estimados y eficiencia de remoción, por lo que los datos obtenidos de los muestreos y analizados por el programa de depuración de URALITA no se han podido desarrollar en el campo y comprobar los resultados, mientras no se superen los problemas económicos que afronta la empresa.

4.5.3.1 Características generales del diseño

La empresa Acualobster cuenta con dos pozos profundos con un caudal unitario de 1.200 GPM (galones por minuto), cuenta con 2 reservorios de aproximadamente 2 hectáreas; cada reservorio posee 2 bombas para bombear a las piscinas, una a Diesel y la otra Eléctrica de 6" cada una.

Uno de los pozos irriga el 70 % de las piscinas y el otro el 30 % restante, esta distribución se debe a la ubicación estratégica del primer pozo que le permite abastecer directamente al 70 % de las piscinas. La conducción de agua desde los reservorios a las piscinas se la realiza por medio de tuberías la cual posee un diámetro de 8" los primeros 200 metros y luego se reduce a lo largo del trayecto a 6". La tubería central reparte a cada piscina con una tubería de 4", con su respectiva válvula de compuerta, la tubería de desagüe es de 8" en cada piscina.

Existen 2 subcanales recolectores de las aguas de desecho de las piscinas, los cuales serán unificados para formar el canal general que conduce el agua hacia la albarrada pasando por la planta de tratamiento. Ver Anexo "Plano general". Los dos canales están a una profundidad media de 0,8m por debajo del fondo de las piscinas. El primer canal ubicado en el perímetro norte recibe agua de 32 piscinas. El segundo canal ubicado en el perímetro sur recibe el aporte de 29 piscinas que descargan directamente al canal, más 10 piscinas que descargan por intermedio de dos ramificaciones del subcanal.

El agua de estos dos subcanales llega al sector inicial de la zona baja de drenaje natural ubicada en el centro del sector de producción que esta en proyecto de construcción; además de esta agua va a recibir las de las nuevas piscinas: por el lado derecho le aportan 33 piscinas y por el lado izquierdo 22 piscinas, este drenaje esta ubicado en una zona baja que recepta el agua por pendiente natural, pendiente provocada por una diferencia de nivel de 2 a 3 m con respecto a la cota 38 en que esta el nivel más bajo de la granja, no existe un

canal propiamente dicho, se pretende encauzar el agua hacia la planta de tratamiento y luego hacia la albarrada. (Ver Lamina 9).

Se escogieron 5 puntos de aforo, de ellos 4 corresponden al sitio de descarga de 4 piscinas consideradas como representativas de las que vertían mayor carga orgánica; el quinto punto de aforo fue en el canal de drenaje (en el punto de mezcla de todos los afluentes), estos se tomaron por ser considerados como puntos representativos de contaminación.

Lo que se obtendrá de este diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales, beneficiará principalmente a la industria Acuícola; ya que servirá para aumentar de alguna forma la conciencia entre los productores y además los estimulara para crear nuevas estrategias de optimización productiva, que faciliten un desarrollo sostenible sobre el recurso del cual dependen. La sustentabilidad de la acuicultura básicamente depende de las características de los cuerpos de agua. Actividades antropogénicas (incluyendo la propia acuicultura), pueden interactuar adversamente sobre la composición química, física y biológica del agua (Ormaza, 1991).

El continuo desarrollo y expansión de la industria de producción Acuícola tanto en el Ecuador como en el resto del mundo, a generado un interés por conocer los posibles efectos que los efluentes de agua, producto de los sistemas de cultivo puedan tener sobre los ecosistemas acuáticos que los rodean, así como el efecto de los afluentes sobre los propios sistemas de cultivo.

Los sistemas de cultivo actuales toman el agua de los esteros y luego del proceso de cultivo la entregan nuevamente al medio. Esta clase de manejo introduce un exceso de nutrientes sobre el hábitat Acuícola, causando grandes crecimientos de determinados tipos de algas (eutroficación). Cuando los nutrientes son completamente agotados las algas mueren y estas son descompuestas por bacterias, las cuales consumen el oxígeno del agua, incrementando la demanda de oxígeno (Curtis, 1985).

Desgraciadamente es poca la información que hay en el Ecuador, respecto de las características físicas y químicas de calidad del agua en efluentes de sistemas de producción acuícola. Esto dificulta predecir los posibles impactos ambientales. Además, la falta de una base de datos de calidad de agua, ha impedido la aplicación de regulaciones ambientales adecuadas y racionales para la protección y manejo de los ecosistemas estuarinos en el Ecuador.

Boyd (1992), mencionó que para el caso específico de cultivo de camarones peneidos, que el suministro de alimento balanceado es el principal factor que causa un deterioro en la calidad del agua en los estanques y la acumulación de materia orgánica en el fondo. El alimento no consumido y las heces de los camarones contribuyen directamente a la polución del estanque en forma de materia orgánica. Los nutrientes provenientes de los excrementos de los animales cultivados, mudas y materia orgánica en descomposición estimulan la producción adicional de materia orgánica en forma de fitoplancton. A medida que aumentan las densidades de siembra el aporte de alimento también aumenta, pudiendo deteriorar la calidad del agua y del suelo.

4.5.3.2 Objetivo del diseño conceptual

Los resultados del diseño preliminar muestran la configuración, trazado, dimensiones y estación de bombeo requeridos para que nuestra planta pueda soportar condiciones críticas de carga. El diseño cuenta con 40.570,46 m² es decir, 4,06 Ha de terreno que servirán un área total de 35,2 Ha, que generarían un caudal de aguas de desecho de 0,33 m³/s. (Ver Lamina 9).

El dimensionamiento del sistema de tratamiento, se ha realizado basándose en los aforos de caudales y los análisis de caracterización.

Los gastos de inversión precisos para la construcción de pequeñas depuradoras son muy variables. El costo de una instalación depuradora depende de un elevado número de variables, como son:

- Tipo de contaminación
- Tipo y sistema de la depuradora
- Superficie ocupada
- Tipo de terreno
- Materiales y equipos utilizados
- Instalaciones complementarias

4.5.3.3 Diseño de los diferentes componentes

Para el diseño de los componentes de nuestra depuradora utilizamos el software del manual de URALITA cuyos datos puntuales para iniciar los cálculos son:

| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Caudal de diseño: | 20.000 m ³ /d |
| Coefficiente punta: | 3,00 |
| Coefficiente máximo: | 4,00 |
| DBO ₅ de entrada: | 41,00 mg/l |
| Sólidos en suspensión totales: | 270,00 mg/l |
| Sólidos en suspensión volátil: | 67 mg/l. |

Los datos que se esperan obtener con la depuración son:

| | |
|---|----------|
| DBO ₅ exigida a la salida: | 12 mg/l |
| Sólidos en suspensión totales de salida | 108 mg/l |

Una vez que se ha introducido todos los datos de diseño (datos de entrada y condiciones de salida) y se ha seleccionada el tipo de modelo y depuradora concreta a dimensionar, se comienza propiamente el diseño de la depuradora, dimensionando cada uno de los módulos que la componen.

Si se obtienen estos valores o aproximados (12 mg/l de DBO₅ y 108 mg/l sólidos totales en suspensión), el agua tratada estará lista para ser reutilizada

en el sistema de cultivo, puesto que estos valores están dentro del rango de tolerancia tanto de tilapias como langostas.

Según los datos ingresados podemos utilizar un sistema de lecho bacteriano, precedido de tamiz seguido de decantación secundaria con digestión separada. con los siguientes componentes:

- Canal de entrada
- Tamizado
- Cámara de grasas y Desarenador
- Lecho bacteriano
- Decantación secundaria
- Digestor
- Secado

Canal de entrada

El canal de entrada será único, se adaptará un aliviadero que permita un caudal máximo de $80.000 \text{ m}^3/\text{día}$, la pendiente del canal será del 0,5 % de sección transversal con un ancho de 0,7 m con una velocidad del agua de 1,70 m/s y una altura de 20 cm, esto supondrá una superficie de $1,40 \text{ m}^2$ y un caudal de $2,38 \text{ m}^3/\text{seg}$. (ver lamina 1).

Se usarán barras como prevención de entrada contra materiales grandes, éstas serán de 8 mm con una separación entre barras de 25 mm, el ancho del canal en la zona de rejillas será de 9,23 m, el número de barras es de 400, la pérdida de carga (diferencia de niveles, la cual es función del grado de colmatación de las mismas) asociada con este dispositivo será de 58 mm.

Tamizado.

El tipo de tamiz que se utilizará es estático con una separación libre entre barras de 1,50 mm que tendrá limpieza manual, la separación libre entre barras es de 3,00 cm (ver lamina 2).

Cámara de grasas y Desarenador.

Las especificaciones de este componente son:

| | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| Velocidad ascensional: | 25 m ³ /m ² * h |
| Tiempo de retención a Q medio: | 20 minutos |
| Tiempo de retención a Q punta: | 10 minutos |
| Velocidad horizontal máxima: | 72 m ³ /m ² * h |
| Superficie horizontal: | 133 m ² |
| Volumen: | 555,56 m ³ |

Se ha seleccionado un desarenador aireado para lograr una separación dinámica de las arenas. (ver lamina 3).

Lecho Bacteriano

El tipo de lecho bacteriano a usar tiene las siguientes especificaciones:

| | |
|---------------------|---|
| Superficie: | 120 m ² |
| Volumen: | 120 m ³ |
| Número de unidades: | 2 |
| Altura: | 1,00m |
| Carga hidráulica: | 83,33 m ³ /m ² * día |
| Carga volúmica | 0,20 Kg de DBO ₅ /m ³ * día |
| Largo | 12m |
| Ancho | 10m |

(Ver lamina 5).

Decantación Secundaria.

Tiene las siguientes especificaciones:

| | |
|-----------------------------------|--|
| Superficie horizontal unitaria: | 1.111,11 m ² |
| Volumen decantación unitaria: | 2500,00 m ³ |
| Altura unitaria: | 2,25 m |
| Número de unidades: | 2 |
| Tiempo de retención a Q medio: | 6,00 h |
| Tiempo de retención a Q máximo: | 1,50 h |
| Velocidad ascensional a Q media: | 0,38 m ³ /m ² .h |
| Velocidad ascensional a Q máximo: | 1,50 m ³ /m ² .h |

(Ver lamina 4).

Digestor.

El tipo de digestor a usarse será "caliente" que trabajará a una temperatura media de 25 °c. (Ver lamina 7) Posee dos etapas que tienen las siguientes características:

| | II ETAPA |
|-------------------------------|-------------------------|
| Volumen del digestor | 1.611,32 m ³ |
| Volumen del digestor primario | 537,11 m ³ |

Tabla 14

Secado de Lodos.

La superficie total máxima necesaria para el secado de lodos será de 38.095,24 m², con 5 unidades para el efecto, lo que nos daría 5 piscinas de 7.619 m². La superficie unitaria será aquella que asegure el llenado completo de la piscina de secado con cada extracción de fango, la relación longitud/ancho 3:1 m cuyas medidas son longitud: 151,2 m y ancho 50,4 m. (Ver lamina 6). La capa drenante estará constituida por dos capas de grava y una de arena con las siguientes características:

| | Espesor | Granulometría |
|--------|---------|---------------|
| Capa 1 | 20 cm | 15 – 23 mm |
| Capa 2 | 20 cm | 3 – 8 mm |
| Capa 3 | 20 cm | 0,3 – 1,4 mm |

Tabla 15 Capas de Granulometría para el secado de lodos.

4.6 El proceso de tratamiento.

Para el cálculo de los diferentes componentes que constituyen nuestro sistema de depuración, se utilizó el software incluido en el Manual de Depuración de URALITA, denominado Diseño de EDARs (Estación Depuradora de aguas residuales), que está destinado a servir como base para el dimensionamiento de estaciones depuradoras de aguas residuales, esta aplicación ha sido desarrollada bajo el entorno de windows. La aplicación está estructurada sobre la base de modelos - tipo de depuración. Estos modelos han sido definidos atendiendo a la naturaleza de los procesos principales que lo definen. La clasificación general de los distintos modelos tipos es la siguiente.

- Modelos basados en fosas sépticas.
- Tanque de decantación – digestión.
- Lechos bacterianos.
- Fangos Activados.
- Lagunajes.
- Sistemas naturales.

Para el dimensionado de los modelos de depuración se parte de unos datos de entrada y unas condiciones requeridas a la salida. Los datos de entrada son:

- Caudal de diseño.
- Coeficiente punta.
- Coeficiente máximo.
- DBO_5 de entrada.
- Sólidos en suspensión totales.
- Sólidos en suspensión volátil.

Como condiciones de salida requeridas, los datos en los que se basa el diseño de los modelos son:

- DBO_5 exigida a la salida.
- Sólidos en suspensión totales de salida.

Los datos de entrada definirán los posibles modelos válidos para las condiciones de salida, en cuanto al caudal máximo a la DBO máxima permitida para un modelo concreto, así como el dimensionamiento de cada módulo de la depuradora.

Las primeras instalaciones a efectuarse después del canal de entrada de nuestro efluente son para tratamiento preliminar (tamizado), luego de este

tratamiento sigue un sistema de cámara de grasas y desarenador, decantador primario, digestor, y secado.

El agua que sale de nuestro sistema es recogida y llevada por el canal de entrada hacia nuestra planta, en el canal estarán barras que retendrán materiales grandes, y luego esta agua será tamizada por rejillas que retendrán todo material por encima de los 30 mm, luego de este módulo pasará a la cámara de grasas y desarenador, que retendrá las grasas y el material que pueda ser retenido como arenas o sedimentos, en este lugar se bajará un 25% de DBO y el 65 % de arenas, posteriormente pasa a un digestor que baja el DBO de nuestra agua y en este se forman los lodos que serán luego colocados en piscinas para su secado y posterior remoción, luego del secado el agua que sale del proceso es conducida hacia una albarda para su almacenamiento y posterior reutilización.

CONCLUSIONES

1.-De manera general podemos decir que si bien es cierto, por la complejidad del proyecto, la cantidad de implementos y el costo estimado necesario para el desarrollo del mismo no sería una ventaja **atractiva** para ninguna actividad acuícola; a futuro las regulaciones para el uso del agua y del medio ambiente serán necesarias y entonces el desarrollo de proyectos que contemplen el tratamiento de las aguas ya usadas y su futura reutilización adquirirán importancia.

2.- El tratamiento que requiere nuestro efluente es sencillo si lo comparamos con el que necesitan aguas de efluentes con desperdicios industriales y aguas domésticas, pero a la vez este sistema es demasiado caro como para implementarlo a corto plazo, por lo que se hace necesario buscar alternativas más baratas para el tratamiento de aguas provenientes de cultivos acuáticos.

3.-La ejecución de este tipo de proyectos garantizará la continuidad de los cultivos acuáticos, lo cual se traduce en sostenibilidad para la producción acuícola porque se previene y reduce al máximo la contaminación y sus molestias logrando mantener un balance ecológico satisfactorio y aseguramos la protección del medio ambiente.

RECOMENDACIONES

Debido a las regulaciones que se vienen dando en el mundo entero en lo que tiene que ver con el uso y tratamiento que se le da al agua, por ser un recurso no renovable, se hace necesario algún tipo de depuración para las aguas de desecho de la industria acuícola, ya que la tecnificación y los métodos que se emplean para cultivo de cualquier especie acuícola va deteriorando cada vez más el recurso del cual se sirven para su propósito.

El esquema aquí presentado para el tratamiento del agua que genera esta industria es una de las formas que se pueden utilizar para la depuración y rehuso del agua, sin embargo, los costos que supondrían la construcción y puesta en marcha de una planta de tratamiento para este tipo de actividad, sería aún costoso comparado con otros métodos que podrían dar un mejor resultado. Se recomienda analizar otras alternativas de menor costo que la instalación de una planta típica.

Podemos recomendar según el diseño conceptual de este documento que se realice un monitoreo periódico de los niveles de contaminación, tanto del suelo como del agua en todas las instalaciones de la granja, para evaluar el nivel de posibles contaminantes o si en realidad el efluente de la granja necesita una depuración.

BIBLIOGRAFIA

BEVERIGE, M.C.M., M.J. PHILIPS and R.M. CLARKE, 1989. A quantitative and qualitative assesment of wastes from aquatic animal production. *Advances in World Aquaculture*, 3: 508-512.

BOUWER, H. and E. Idelovitch, 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. *J. Irrig. & Drainage Eng.*, 113: 516-535.

BOYD, C., 1996. Manejo del suelo y de la calidad del agua en la Acuicultura de piscinas camaroneras. Asociación Americana de Soya. Departament of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Alabama, pp: 29-39.

BOYD, C., 1992. Shrimp pond bottom soil and sediment management. In: J. Wyban (Ed.). *Special Session on Shrimp Farming. The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, USA, pp: 166-181.

BOYD C. and C. TUCKER, 1992. *Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, June 1992. 183 p.

CENAIM e INP, 1994. *Monitoreo de Efluentes y Afluentes en camaroneras del Golfo de Guayaquil*. 25-50

CHIN, TZONY-SHEAN and CHEN JIAM-CHU, 1987. Acute Toxicity of Ammonia to larval of the tiger prawn, *Penaeus monodon* 247-253

CURTIS, H., 1985. Biología. Cuarta Edición. Editorial Médica Panamericana S.A., México D.F. 1255 p.

ENELL, M. And J. LÖF, 1983. Environmental impact of aquaculture - sedimentation and nutrient loadings from fish cage culture. In Vatten, 39 (4) Swedish: 364-375.

FLORES, S.G. y L. MEDRANO, 1997. Curso de Piscicultura Continental. Centro de Investigación Palmira. Corpoica: Corporación Colombiana Agropecuaria Regional # 5. Pp 58

FONDEPESCA 1998. Tilapia y su cultivo. México. pp 20

GREEN, V. W., D.R. TEICHERT-CODDINGTON y C. BOYD, 1997. Monitoreo de la Calidad del agua en Granjas Camaroneras de Honduras. Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Acuicultura/Dinámica de Estanques (PD/A CRSP), Teichert-Coddington, 20 p.

GUARTATANGA, S. y J. LANDIVAR, 1997. Manual de laboratorio para prácticas en Calidad de Aguas, folleto interno de FIMCM-ESPOL, Traducido

del Methods HACH. p. 12-42

HACH COMPANY, 1992. Water Analysis Handbook. 2nd Edition. Loveland, Colorado, U.S.A. 831 p.

HÅKANSON, L., L. MONTE, U. BERGTROM, J. BRITLAEN and R. HEILAY, 1998. Basic concepts concerning assessments of environment effects of marine fish farms. Nordic Council of Ministers. Copenhagen, 100 p.

HERNANDEZ, M.A., A. L. HERNANDEZ y G. P. MARTINEZ, 1996. Manual de Depuración Uralita, para el diseño de estaciones EDAR, sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20000 habitantes. 430 p.

HOPKINS, S., 1996. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. Journal of the World Aquaculture Societ, 24 (3): 304-320.

KIRK, R. G., 1972. A Review of recent developments in tilapia culture with special reference to fish farming in the heated effluents of power stations Aquaculture, 1(1): 45-60.

LARSSON, A.M., 1984. Hidrological and chemical observations in a coastal area with mussel farming. W. Sweden. University of Gothenberg, Dept. of Oceanography, Report (46): 29 p.

LANIADO, R., P. MAUGLE and J. VILLALON, 1997. Present status and future options for Improving the efficient of srimp Mariculture. 4-10

MÄKINEN, T., S.LINDGREN and P. ESKELIN, 1988. Sieving as an effluent treatment method for aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 7: 367-377.

MARTINEZ, E. M. And U. BORG, 1990. Aquaculture and conservation of freshwater ecosystems and catchments. (FAO). Conference on Environment and third World Aquaculture. *Development 1722*: 13-34

MATTSSON, J. and O. LINDEN, 1983. Benthic microfauna succession under mussels, *Mytilus edulis*, cultured on hanging long lines. *Sarcia*, 68: 97-102.

METCALF AND EDDY, 1995. *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y reutilización*. I, II y III, Mc Graw Hill, España.

MUIR J.F., 1982. Economic aspects of waste treatment in fish culture pp 123-135. IN: Alabaster. Reprt of the EIFAC Workshop on fish-farm effluents. Silkeborg, Demark, 26-28 May 1981. EIFAC. Tech. Pap., (41): 166p

NORMAS IEOS, 1989. Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, Abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales para poblaciones con mas de mil habitantes. 510-680

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 1989. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Informe Técnico 778. OMS, Ginebra. Pp 120-135

ORMAZA, F., 1996. Descripción química de afluentes y efluentes de agua de fincas camaroneras situadas en el área de Taura (Ecuador) durante una transición estacional. Acuicultura del Ecuador. Guayaquil, 15: 11-13.

PIÑA, L. C., 1993. Piscicultura. Ministerio de Educación Nacional Universidad a Distancia. Facultad de Ciencias Agrarias. Santafé de Bogota D.C.pp 251.

POPMA, T.J. and W.B. GREEN, 1990. Sex reversal of tilapia in earthen ponds. Aquacultural Production Manual. Lowell T. Frobish, Director. Auburn University, Alabama. Research and Development Serie 35. 15 pp

POPMA, T.J. y L. LOVSHIN, 1994. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. Auburn, Alabam, USA. Pp 65-78

RAMOS, C., 1996. El riego con aguas residuales. Jornada sobre "Aprovechamiento del agua depurada en la Comunidad Valenciana", Sanejament d'Aigües - Generalitat Valenciana, 49-63.

REED, S.C., R.W. CRITES and MIDDLEBROOK, 1995. Natural system for

wastewater Management, McGraw Hill, Inc. New York. NY, pp 45-56

SONNENHOLZNER, S., 1997. TESIS DE GRADO. Treatment of IN-POMD Raceway Fish Production effluents with constructed wetlands, pp 5-10

TRIBUNAL DEL CAMARON, 1996. Revista científica, Directrices sobre el manejo de camaronerías.

THEODORE, L. And Y. C. McGUINN, 1993. Pollution Prevention primera edición, Von Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-00606-3

VISSMAN, W. J. and M.J. HAMMER, 1993. Water Supply and pollution Control, QUINTA EDICIÓN, Harper collins Publisher, Nueva York, ISBN 0-06-500058-7

WANG, J., 1990. Managing shrimp pond water to reduce discharge problems. Aquacultural Engineering, 9: 61-73.

Otras referencias citadas en el texto:

<http://www.aqualobster.com.ec>

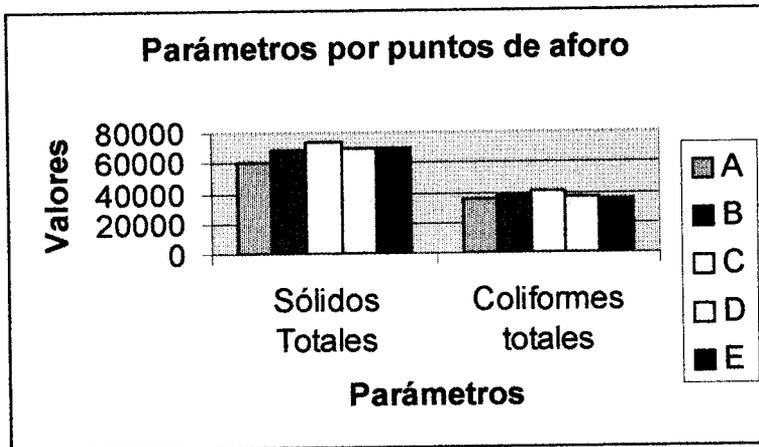
http://www.wiz.uni-kassel.de/kww/irrig_i.html

<http://acualobster.com.ec>

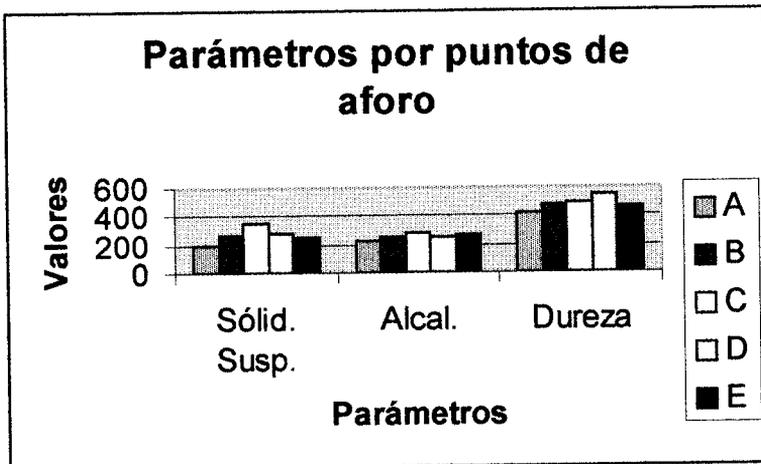
<http://www.geocities.com/RainForest/canopy/1285/>

ANEXOS

Anexo 1



Gráficos de parámetros analizados.

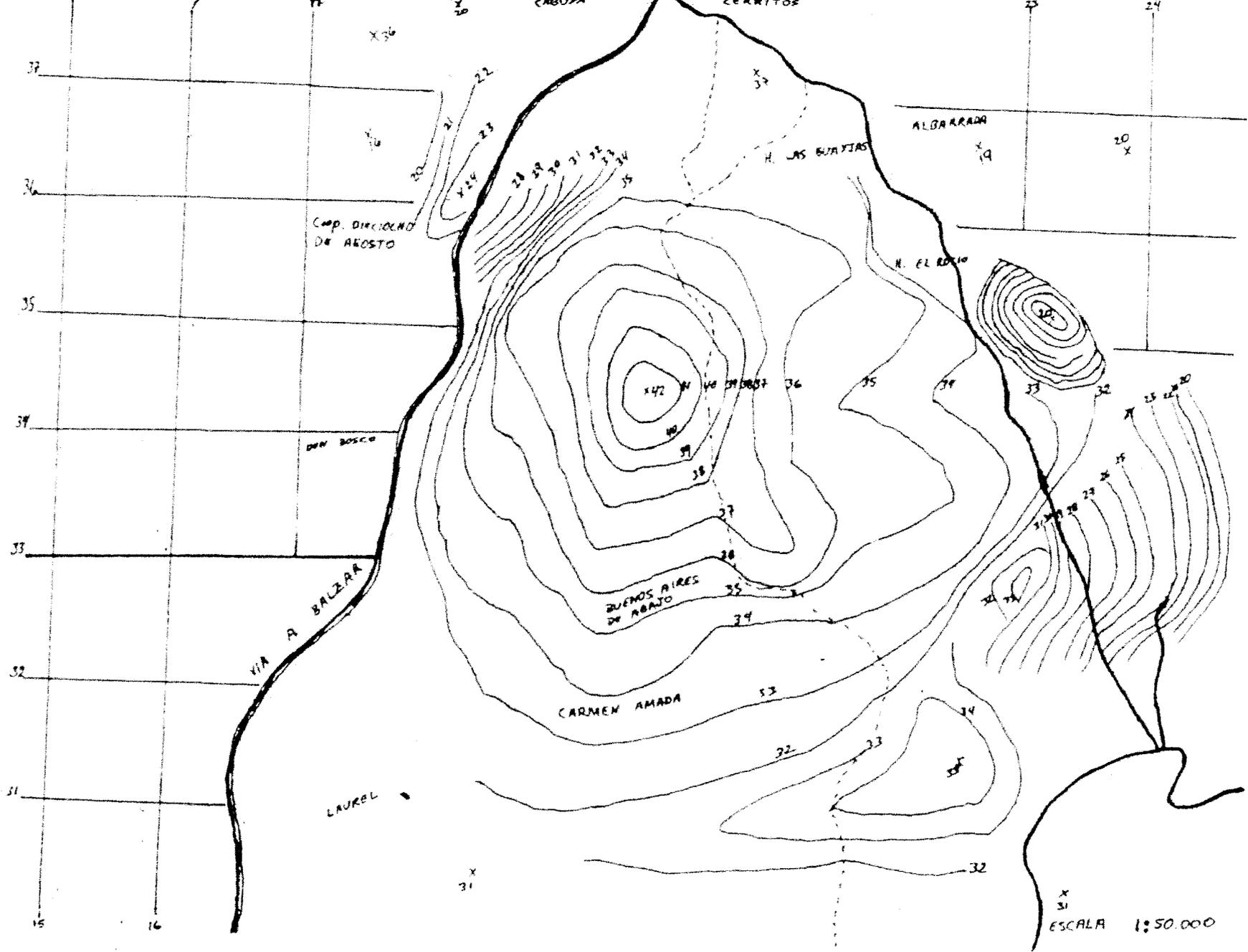


Anexo 2

Análisis económico de la planta

| DETALLE | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO USD \$ | COSTO TOTAL USD \$ |
|---------------------|----------|----------------|--------------------------|-----------------------|
| Blower 2 HP | 1 | U | 1228.0 | 1228.0 |
| Bomba 3 " de 2 HP | 7 | U | 1042.0 | 7294.0 |
| Chek 3 " | 6 | U | 51.4 | 308.5 |
| Excavadora | 16 | Horas | 20.0 | 320.0 |
| Hormigón armado | 197 | m ³ | 203.6 | 40103.3 |
| Madera | | | | 83.3 |
| Materiales de PVC | | | | 3795.0 |
| Motor 75 RPM-1.5 HP | 1 | U | 259.5 | 259.5 |
| Operación | | | | 484.0 |
| Varios | | | | 538.75 |
| | | | | |
| Sub total | | | | 54414.40 |
| Imprevistos 10% | | | | 5441.44 |
| Asesoría técnica | | | | 10775.12 |
| Total | | | | 70630.96 |

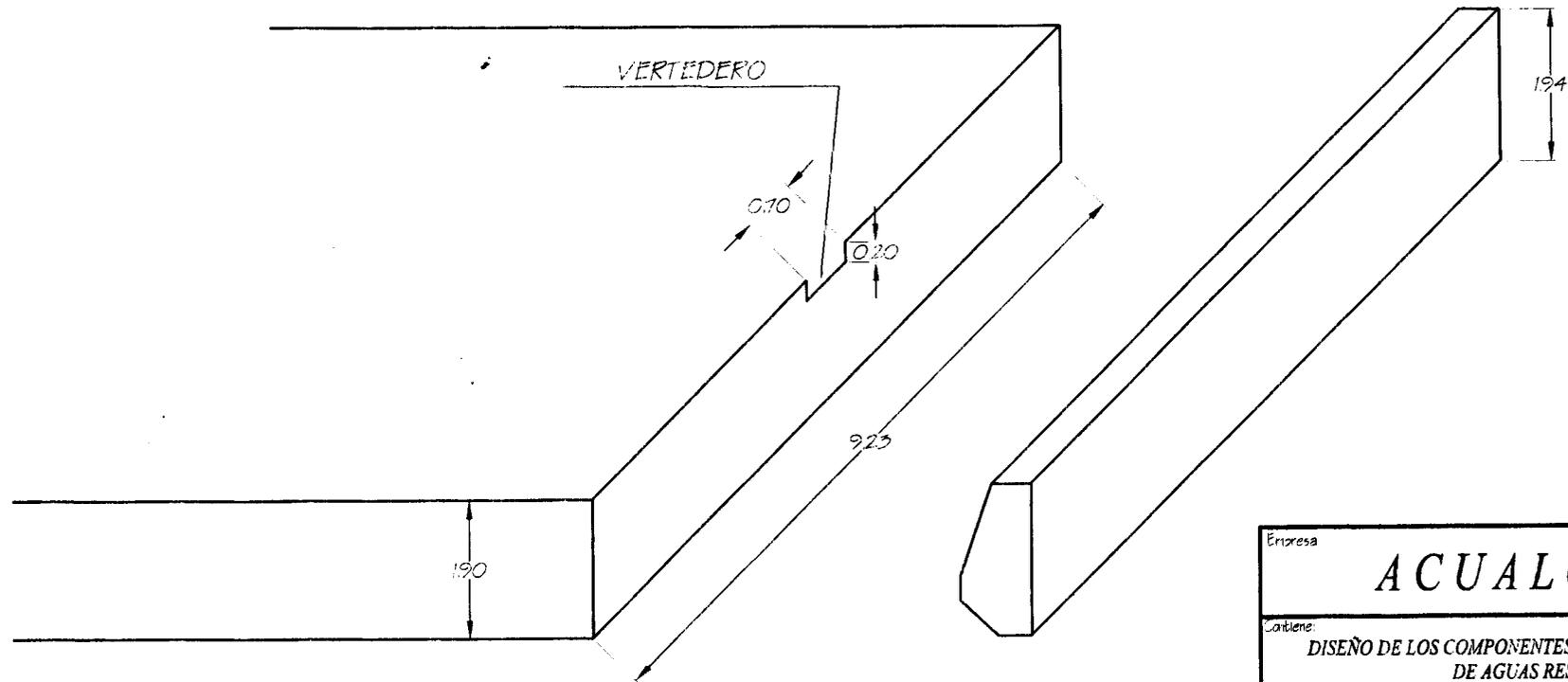
Año 2. Cotas topográficas de la zona donde esta ubicada la granja



CANAL DE ENTRADA

ESCALA: --- 1:100

Evaporación de Agua



Empresa

ACUALOSBTER

Contiene:

**DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES**

Responsable:

Esos: Alejandra Jararillo
Favian Lucas
César Moreno
Luis Vieja Ch

Escala

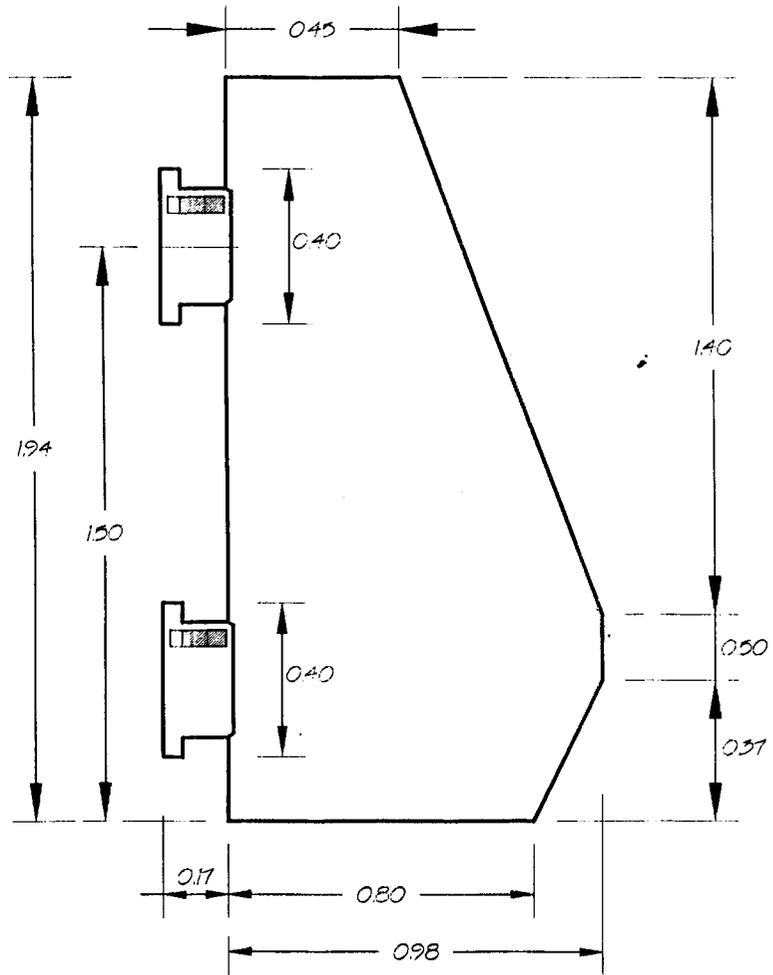
Horizontal: --- CC

Lamina:

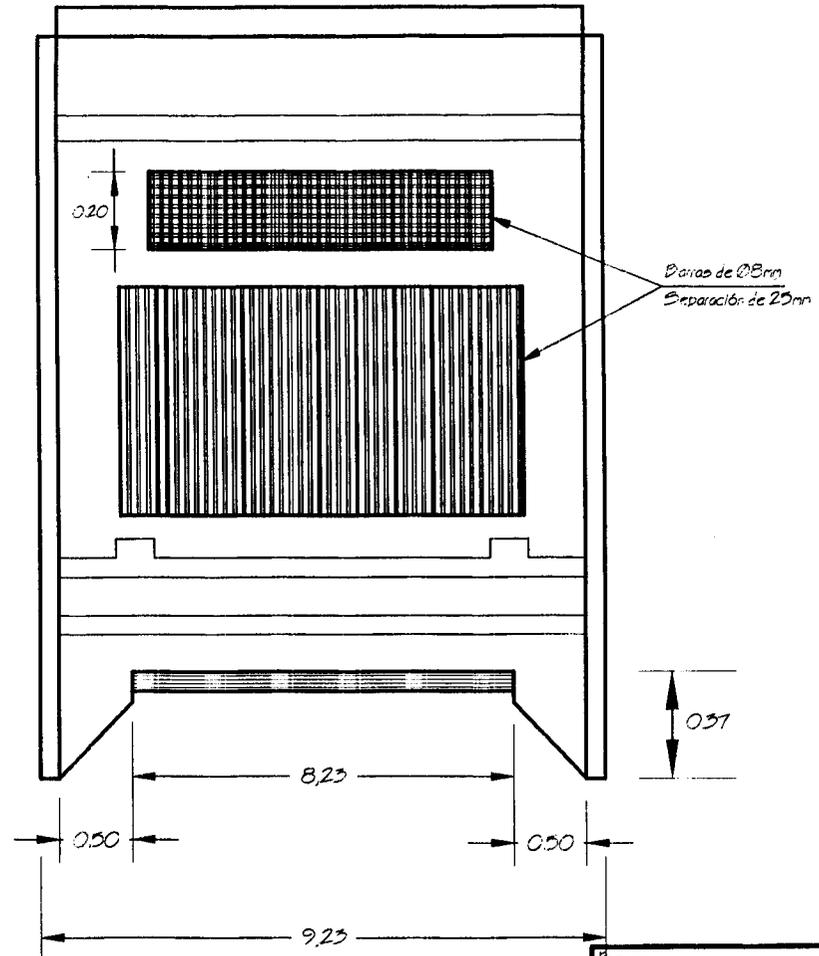
1

TAMICES ESTATICOS

Escala: 1:20



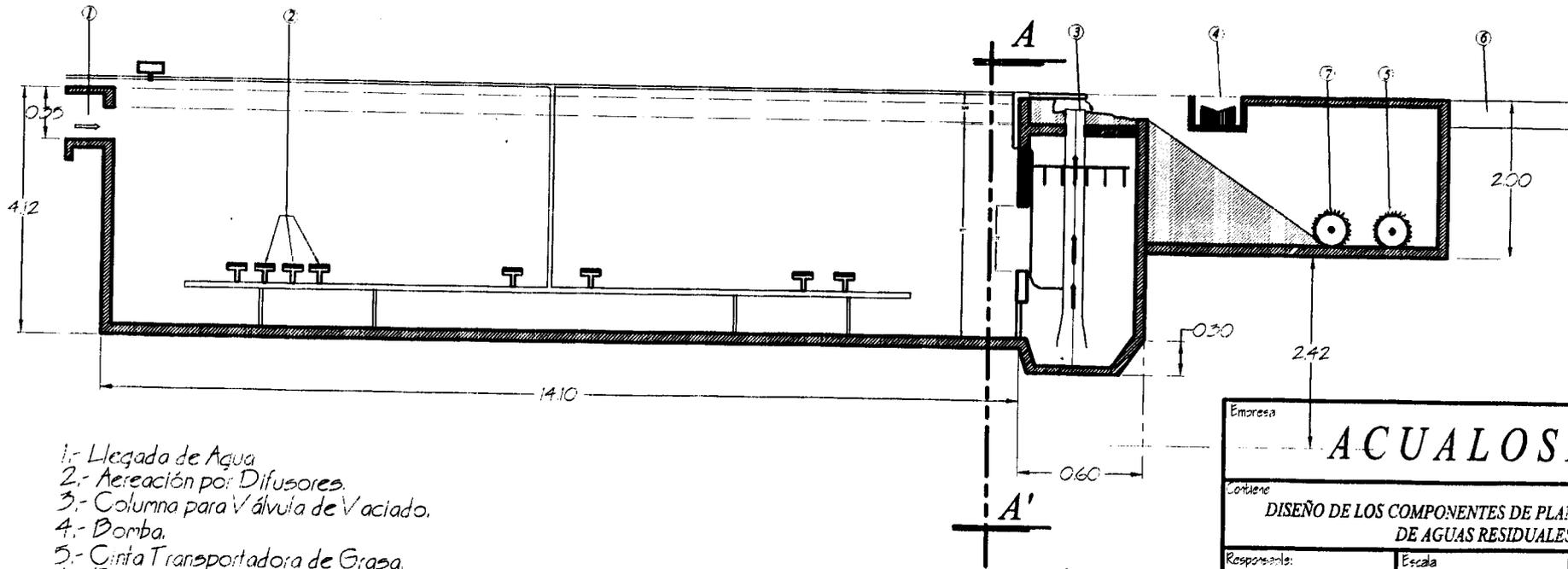
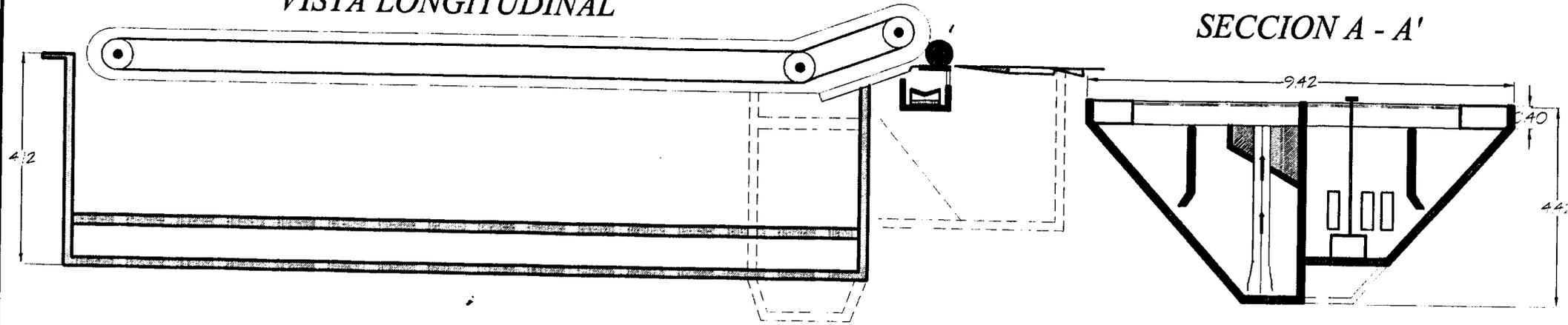
VISTA LONGITUDINAL



| | | |
|---|-----------------------|----------|
| Empresa: | | |
| ACUALOSBTER | | |
| Caricena: | | |
| DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | | |
| Responsable: Dra. | Escala: | Hoja: |
| Alexandra Laramillo Pablar Lucas Hoover Niceno Luis V. 16 Cr | Horizontal: 1: --- 75 | 2 |

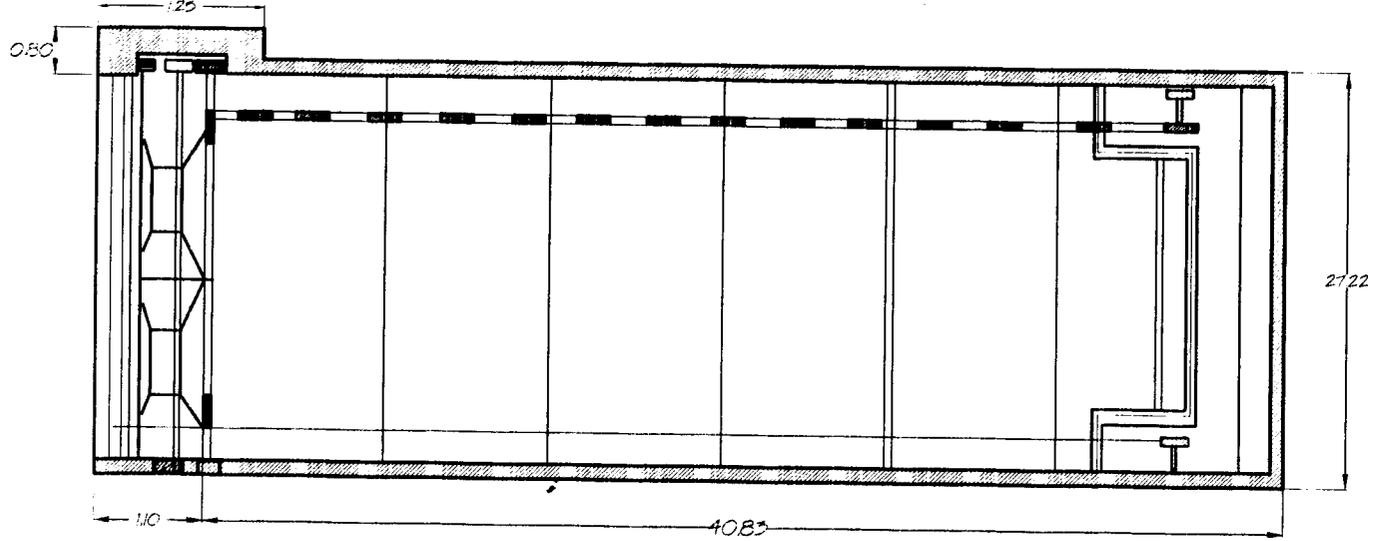
DESARENADOR - DESENGRASADOR

VISTA LONGITUDINAL



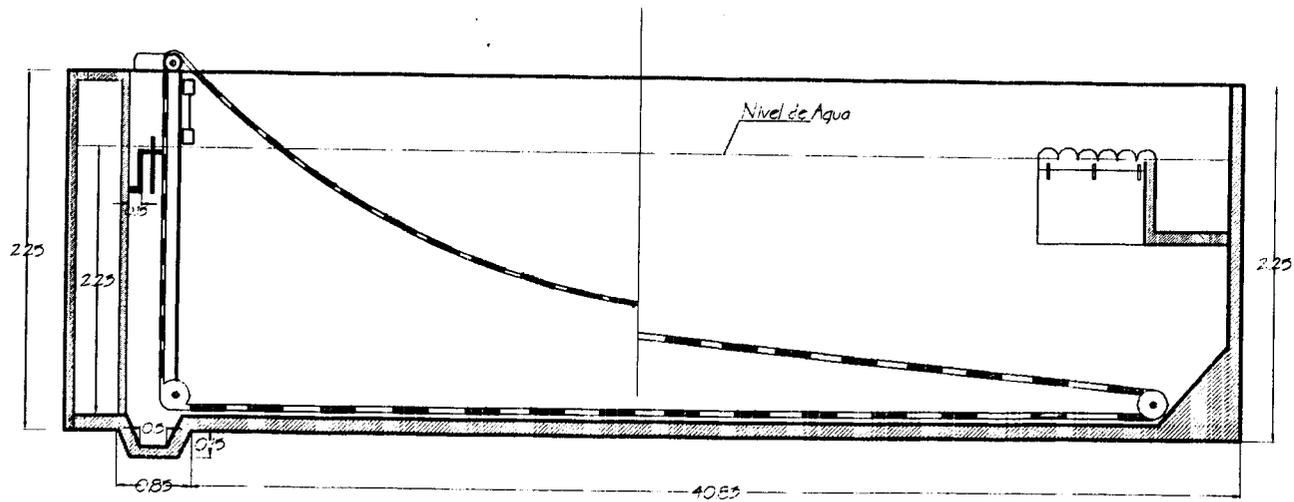
- 1.- Llegada de Agua
- 2.- Aereación por Difusores.
- 3.- Columna para Válvula de Vaciado.
- 4.- Bomba.
- 5.- Cinta Transportadora de Grasa.
- 6.- Evacuación del Agua.
- 7.- By - Pass.

| | | |
|---|------------------------|----------|
| Empresa | | |
| ACUALOSBTER | | |
| Contiene | | |
| DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | | |
| Responsable: | Escala | Lamina |
| Sr. Alexendra Laramillo Fabian Lucas Hoover Moreno Luis Viquez Ch | Horizontal: 1: --- 100 | 3 |



PLANTA
Escala: --- 1:200

DECANTADOR SECUNDARIO

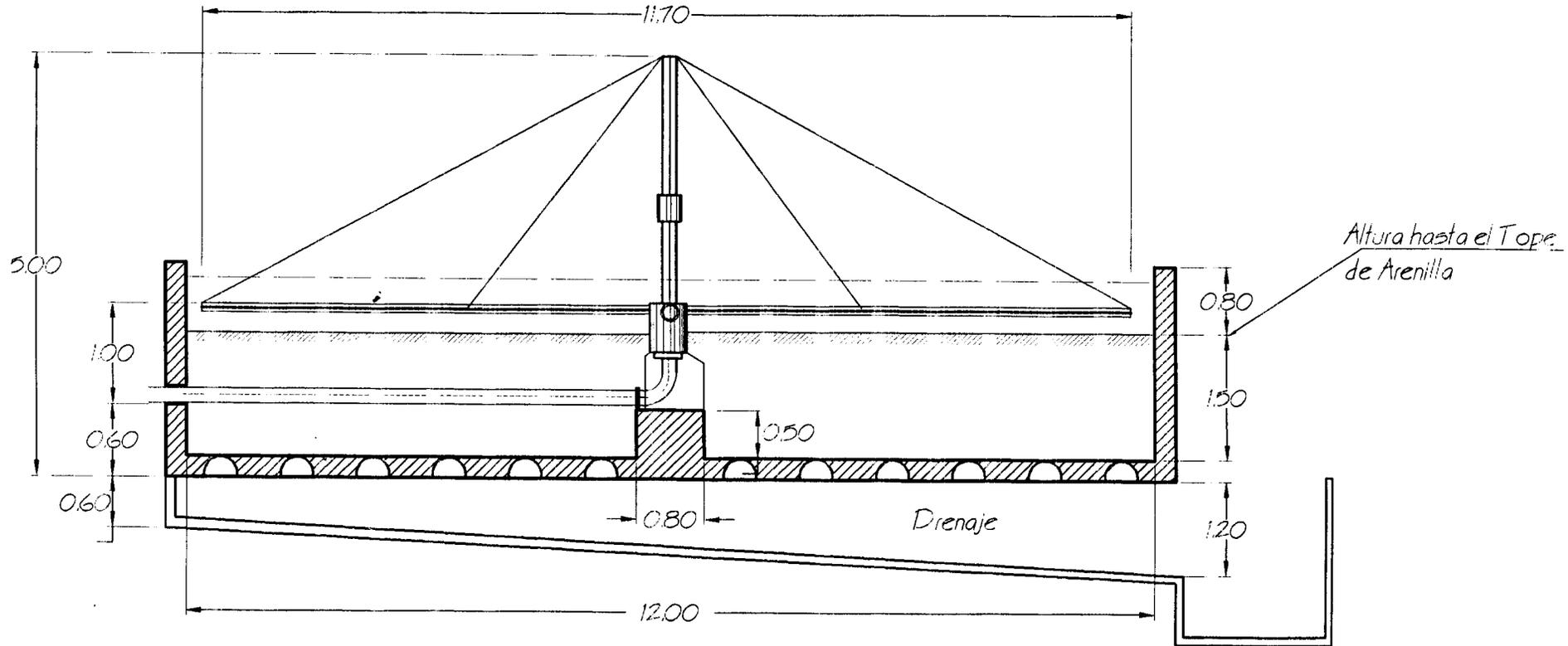


Seccion Longitudinal

| | | |
|---|---------------------|----------|
| Empresa: | | |
| ACUALOSBTER | | |
| Cotiza | | |
| DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | | |
| Responsable: | Escala: | Lamina |
| Sra. Alexandra Jaramillo Fabian Lucas Roberto Morano Luis Velez CA | Horizontal: --- 25C | 4 |

LECHO BACTERIANO

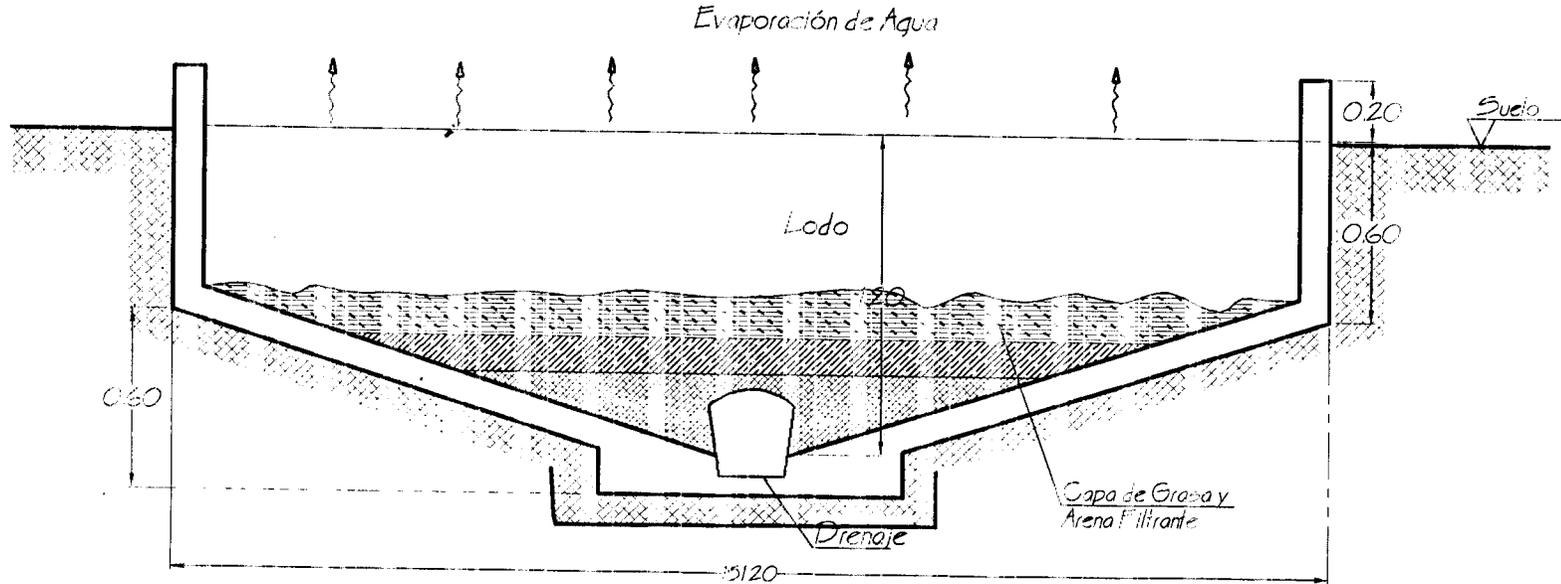
Escala: -----1:75



| | | |
|---|---|----------|
| Empresa: | ACUALOSBTER | |
| Contiene: | DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | |
| Responsable: | Escala: | Lamina: |
| Sres Alexandra Caramillo Fabian Lucas Hoover Moreno Luis Viejo Cn | Horizontal: 1: --- 75 | 5 |

ERAS DE SECADO

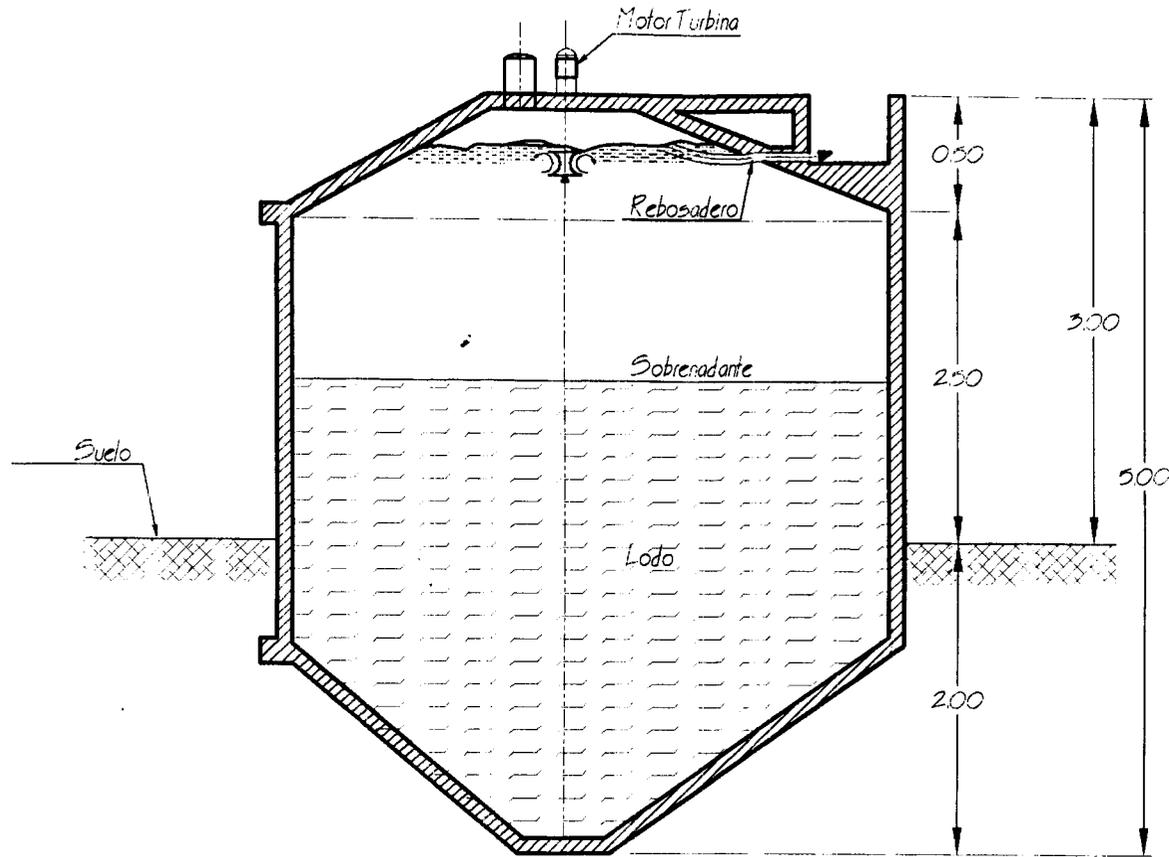
ESCALA: --- 1/100



| | | |
|---|---------------------|----------|
| Empresa | | |
| ACUALOSBTER | | |
| Contiene: | | |
| DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | | |
| Responsables: | Escala: | Lamina: |
| Sires Alexandra Jaramillo Pablo Rojas Hever Moreno Luis Velez | Horizontal: --- 0/0 | 6 |

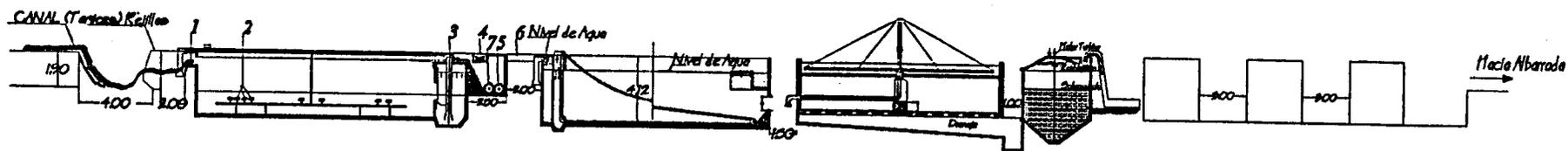
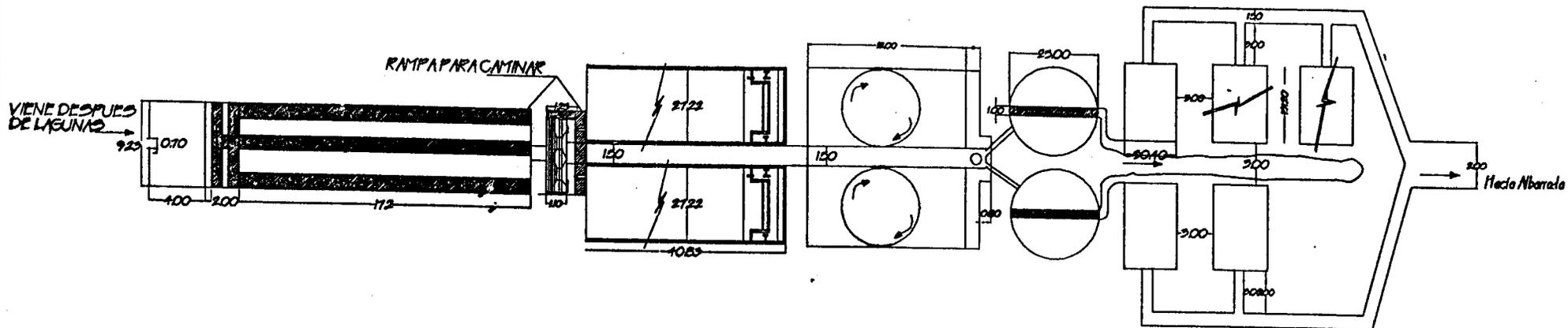
DIGESTOR SEPARADO

ESCALA: 1:150



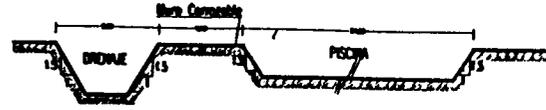
| | | |
|---|----------------------------------|---------------------|
| Empresa | | |
| ACUALOSBTER | | |
| Contiene: | | |
| DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | | |
| Responsable: Sres: Alexandra Carrillo Fabian Rojas Hoover Moreno Luis Vieja Ch | Escala: Horizontal: 1: --- 75 | Lamina: 7 |

PLANTA



SECCION

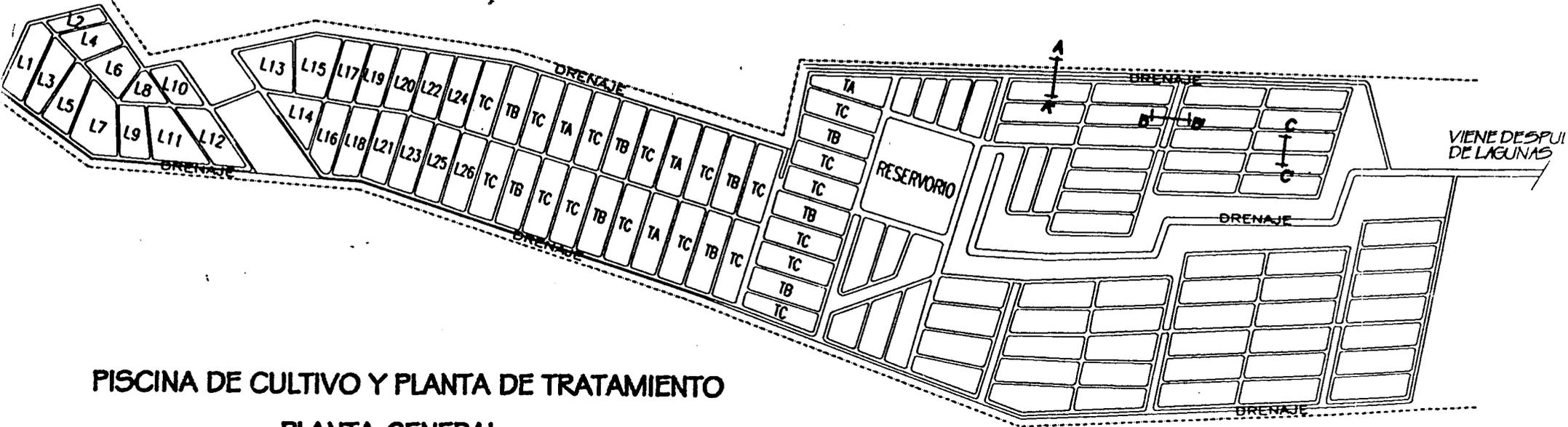
| | | |
|---|--------|----------|
| Empresa | | |
| ACUALOSBTER | | |
| Contenido | | |
| DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | | |
| Responsable | Escala | Hoja |
| Alexandra Jaramilla Fabian Lucas Pavel Morano Luis Viquez Ch | | 8 |



Sección A-A'



Sección B-B'



PISCINA DE CULTIVO Y PLANTA DE TRATAMIENTO
PLANTA GENERAL