



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTOS UNITARIOS DE AGUAS  
RESIDUALES DE UNA PLANTA PROCESADORA DE TILAPIA”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo la obtención del título de:**

**INGENIERO ACUICULTOR**

**Presentado por:**

**Carla Gabriela Crespo Carrasco.**

**Néstor Germán Solano Garófalo**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2005**

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, por la formación continua y permanente que nos brindó, y a todos nuestros profesores por sus enseñanzas y consejos para seguir adelante en nuestras metas trazadas.

De una manera muy especial al Msc. Jerry Landivar director de nuestra Tesis, a quien admiramos y respetamos por su entrega, dedicación desinteresada hacia nosotros.

A nuestros amigos y compañeros de estudio, con quienes compartimos las aulas de la universidad, a quienes solo podemos desearles que Dios les bendiga y cumplan todas sus metas trazadas.

A la empacadora Nacional por prestar sus instalaciones para el desarrollo de nuestra tesis, de manera muy especial al Dr. Ernesto Aguirre quien siempre nos facilitó su tiempo y conocimientos de forma espontánea.

A nuestros padres, que se han sacrificado por nuestro desarrollo personal y educativo ya que sin ellos no estaríamos donde estamos. Gracias por brindarnos su amor, comprensión y la confianza que han depositado en nosotros.

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

## **DEDICATORIA**

**A Dios, a mis padres, a mi hermano, a mis abuelitos, a**

**Carla por el apoyo y su amor**

**Néstor Solano G.**

**A Dios, a mis padres, a mi hermano, a mi querido abuelito que está en cielo, a mi**

**amiga Vero Jarrín, a la familia Tumbaco del Pezo y a Néstor por su amor y**

**comprensión.**

**Carla Crespo C.**

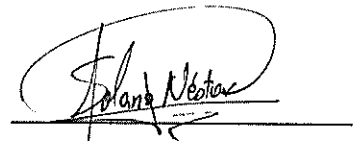
## DECLARACIÓN EXPRESA

“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).

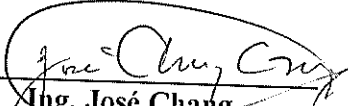


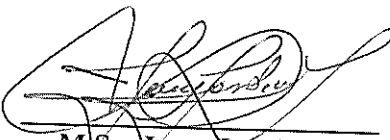
Carla Crespo Carrasco

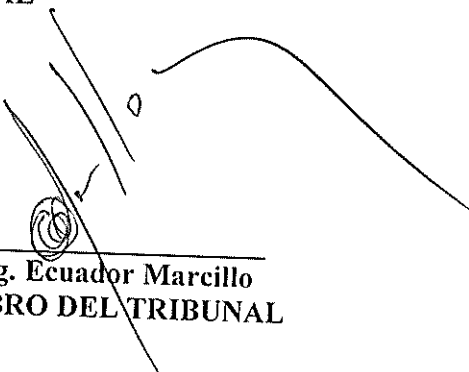


Néstor Solano Garófalo

**TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

  
Ing. José Chang  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

  
M.Sc. Jerry Landivar  
DIRECTOR DE TESIS

  
Ing. Ecuador Marcillo  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## RESUMEN

En la presente tesis se dan a conocer datos generales de los diferentes procesos de depuración de aguas residuales y el diseño de unidades de tratamiento según sus características cualitativas y cuantitativas para una planta procesadora de tilapia (*Oreochromys niloticus*).

El diseño esta basado por los datos tomados en los efluentes del canal de drenaje y luego procesados según la metodología descrita por Meltcaft & Eddy. (1996), "Ingeniería de aguas residuales", Mc Graw Hill y para los cálculos de los procesos de las estaciones depuradoras se utilizó el Manual de depuración "Uralita" y el libro de Gerard Kiely. (1999), "Ingeniería ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión". HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. HERNÁNDEZ LEHMAN, P. GALAN MARTÍNEZ., 1996. "Manual de depuración" Uralita

Se realizaron mediciones en la planta procesadora para establecer las condiciones de contaminación que presenta el agua. Luego del proceso los resultados presentados en nuestro trabajo van enfocados principalmente al diseño conceptual de las unidades de tratamiento requeridos.

Las pruebas de ensayo que se realizaron para medir las cantidades de metabolitos presentes en afluente iniciaron el 26 de enero del 2005. Las muestras de agua fueron colectadas y analizadas en el laboratorio de calidad de agua de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Posteriormente estos datos obtenidos fueron

procesados para determinar las unidades de tratamiento que deberían instalar en la planta procesadora de tilapia para el tratamiento del efluente. Se analizaron los parámetros básicos: temperatura, oxígeno disuelto, disco secchi, DBO, sólidos suspendidos, nitritos, nitratos, fosfato y fósforo, etc.

Con los datos obtenidos son necesarias las siguientes unidades de tratamiento:

Rejillas, desengrasador, decantación primaria, lecho bacteriano, digestión conjunta o separada.



## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE ANEXOS Y LAMINAS.....	XII

INTRODUCCIÓN.....	I
-------------------	---

### CAPITULO 1: GENERALIDADES

#### 1.1 Aspectos bioecológicos de la tilapia.

1.1.1 Biología de la tilapia.....	3
1.1.2 Posición taxonómica del híbrido rojo.....	5
1.1.3 Alternativas para su alimentación.....	6
1.1.4 Requerimientos ecológicos.....	7

## **1.2 Aspectos básicos del cultivo de tilapia en el Ecuador.**

1.2.1 Reproducción.....	10
1.2.2 Hibridación.....	11
1.2.3 Reversión sexual de los alevines.....	14
1.2.4 Etapa de engorde y cosecha.....	15
1.2.4.1 Etapa de Engorde.....	15
1.2.4.2 Etapa de Cosecha.....	15

## **1.3 Aspectos generales de la industria procesadora de tilapia en el Ecuador**

1.3.1 Inicio, evolución y desarrollo de las plantas procesadoras de Tilapia.....	17
--	----

## **1.4 Mercado nacional e internacional de la tilapia.**

1.4.1 Formas de presentación de la tilapia.....	24
1.4.2 Destino de las exportaciones de tilapia.....	27
1.4.3 Mercado nacional de la tilapia.....	28
1.4.4 Mercado de los subproductos del procesamiento de la tilapia.....	29

## CAPITULO 2

### 2.1 Descripción de la planta procesadora de tilapia

2.2.1 Recursos utilizados en el proceso.....	31
2.2.2 Flujoograma de los procesos de producción.....	32
2.2.3 Descripción de los efluentes de la planta procesadora de tilapia.....	33
2.2.3.1 Características de los residuos sólidos.....	34
2.2.3.2 Características de los residuos líquidos.....	35
2.2.4 Características del receptor final del efluente.....	36

## CAPITULO 3

### 3.1 Impactos ambientales del procesamiento de la tilapia

3.1.1 Impacto ambiental de las aguas residuales de la procesadora de tilapia.....	37
3.1.2 Regulaciones ambientales nacionales sobre la descarga de aguas residuales..	38
3.1.3 Regulaciones de la EPA sobre la descarga de aguas residuales.....	41
3.1.4 Aplicación de normas de calidad ISO.....	43

## **CAPITULO 4**

### **4.1 Selección de los procesos unitarios**

4.1.1 Composición del efluente de la planta procesadora de tilapia.....	45
4.1.2 Criterios de selección.....	48
4.1.3 Alternativas de selección de procesos unitarios.....	48
4.1.3.1 Descripción breve de tipos de tratamiento.....	48
4.1.4 Flujograma del sistema de tratamientos por procesos unitarios.....	66

## **CAPITULO 5**

### **5.1 Diseño de sistema de procesos unitarios**

5.1.1 Cálculo del caudal del efluente.....	68
5.1.1.1 Medición del caudal del efluente del proceso.....	69
5.1.1.2 Medición del caudal del efluente de la planta.....	71
5.1.2 Dimensionamiento de los procesos unitarios.....	72
5.1.2.1 Objetivo del diseño Conceptual.....	72
5.1.3 Características del efluente después del tratamiento.....	84
5.1.4 Costos del diseño.....	87

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>93</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>102</b>

**ABREVIATURAS**

°C	grados centígrados
%	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
lbs	libras
m	metros
m/d	metros por día
m <sup>2</sup>	metros cuadrados

$m^3$	metros cúbicos
$m^3/m^2*d$	metros cúbicos por metros cuadrados
$m^3/seg$	metros cúbicos por segundo
mg/lt	miligramos por litro
mm	milímetros
N	Nitrógeno
Nº	número
OD	oxígeno disuelto
ppm	partes por millón
Q	caudal
SS	sólidos suspendidos
Ton	tonelada
Til	Tilapia
SGA	Sistema de Gestión Ambiental

## INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1	Hibridación de tilapia.....	13
Tabla 2	Peso máximo de los peces (g) que pueden pasar a través de una red con un ojo de malla dada.....	17
Tabla 3	Volumen de exportaciones del 2003.....	27
Tabla 4	Volumen de exportaciones del 2004.....	28
Tabla 5	Estándares permitidos por el Gobierno Nacional.....	40
Tabla 6	Concentración promedio de los parámetros analizados.....	46
Tabla 6a	Limites de descarga a un cuerpo receptor de agua dulce.....	47
Tabla 7	Biodegradabilidad de un agua residual.....	66
Tabla 8	Aforo de caudales efectuados en la Planta Procesadora .....	70
Tabla 9	Caudales promedios de planta de tilapia por día y hora.....	71
Tabla 10	Caudales promedios varios de la planta procesadora por día y hora.....	72
Tabla 11	Presupuesto para el Diseño.....	88



**INDICE DE FIGURAS**

	Pág.
Fig. 1	Importaciones estadounidenses de tilapia hasta el 2004..... 23
Fig. 2	Filetes de tilapia roja..... 26
Fig. 3	Tilapia entera viva..... 26
Fig. 4	Filetes de tilapia roja fresco..... 26
Fig. 5	Filetes de tilapia roja congelado (IQF)..... 26
Fig. 6	Tilapia empacado al vacío..... 26
Fig. 7	Exportaciones de Tilapia 2004..... 30
Fig. 8	Descamadora de pescado..... 31
Fig. 9	Peladora de pescado..... 31
Fig. 10	Flujograma de procesos de producción..... 32
Fig. 11	Flujograma de procesos unitarios..... 67
Fig. 12	Curva de caudal promedio del efluente de proceso..... 71

**INDICE DE ANEXOS Y LÁMINAS**

1	Instalación y aplicación del software EDARs.....	94
2	Cálculos en Software Uralita.....	97
3	Lamina 1. Diseño y dimensiones de las trampas de grasas	
4	Lamina 2. Tamices estáticos	
5	Lamina 3. Desengrasador	
6	Lamina 4. Decantador primario	
7	Lamina 5. Lecho bacteriano	
8	Lamina 6. Digestor	
9	Lamina 7. Diseño de los componentes de la planta de tratamiento	
10	Lamina 8.	

## INTRODUCCIÓN

El cultivo a escala comercial de tilapia en el Ecuador ha tomado gran importancia en los últimos años dentro de la producción de organismos bioacuáticos, lo que implica un incremento de desechos orgánicos descargados por las plantas que procesan esta especie.

La falta de sistemas de tratamientos para estas descargas implica el deterioro del ambiente y por ende del ecosistema donde estas son depositadas.

Para que la producción de tilapia sea sostenible es necesario que las plantas cuenten con un sistema de tratamiento de sus efluentes que cumplan con las normas de protección ambiental.

La implantación de este sistema a través de las plantas procesadoras de tilapia no solo beneficiará al ambiente, sino también tendrá la aceptación del producto por parte del consumidor tanto nacional como internacional, el cual contribuirá al consumo de este producto, por cuanto estará siempre abonando la cuota para mantener un ambiente saludable y no contaminante.

Este sistema ofrece beneficios a la procesadora como son el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales que garantizan su funcionamiento y

mantenimiento de la planta procesadora, brindando a los empleados y trabajadores un ambiente saludable y agradable.

Este esquema de tratamientos de aguas residuales permitirá manejar desechos sólidos de gran tamaño (vísceras, piel, cabezas y escamas) y líquidos con alta concentración de compuestos orgánicos (sangre, aceites, grasas y aguas de lavado). Para ser reutilizados o empleados en base a mecanismos de purificación; y los desechos tratados se los reciclará y se los procesará para ser utilizados como abonos orgánicos.

## **CAPITULO 1: GENERALIDADES**

### **1.1 Aspectos bioecológicos de la tilapia**

#### **1.1.1 Biología de la Tilapia**

Originaria del África, la tilapia es la especie más representativa para la piscicultura, pertenece a la familia Cichlidae, la cual abarca más de 700 especies, distribuidas ampliamente en zonas tropicales de África, América, y Asia. (Hepher, 1998).

Las condiciones favorables que convierten a las tilapias en uno de los grupos más apropiados para cultivos son: la resistencia a soportar bajas concentraciones de oxígeno, rangos variados de salinidad, gran resistencia física, crecimiento acelerado, tolerancia a enfermedades, aprovecha bien la productividad natural del estanque, y también hace buen uso de alimentos balanceados suplementarios. (Castillo, 2000).

Presenta una excelente calidad en su carne (textura firme, coloración blanca, no presenta huesos intermusculares), lo que hace que sea un pescado muy apreciado por los consumidores.

Las condiciones actuales de la producción de ciclidos en el Ecuador, esta siendo centralizado al cultivo híbrido rojo de tilapia (*Oreochromis Sp*), por los precios accesibles de venta que se obtiene en mercados locales y externos, que está dado por la atractiva coloración de su piel y las bondades organolépticas de su carne.

El cuerpo de estos peces es robusto, en ciertos casos alargados, con una aleta dorsal con espinas y radios, se diferencia de las percas porque presentan un solo nostrilo en cada lado en su parte frontal, la boca es protractil, ancha mandíbula con dientes cónicos; aleta caudal truncada redondeada, escamas ctenoideas. Generalmente el macho se desarrolla más que la hembra.

Las tilapias son de aguas calidas tropicales, el grado óptimo de temperatura está entre 25 – 30° C. (Hepher, 1998)

Estos peces tienen preferencia en vivir en aguas estancadas; o en un sistema lacustre que presentan poca corriente. Las tilapias son peces eurihalinos, es decir, capaces de vivir en medios dulces y salobres, a pesar que no siempre soportan cambios bruscos de salinidad, esta última en altas concentraciones inhibe su reproducción.

El inconveniente que se presenta en los cultivos de tilapia en cautiverio es su reproducción precoz, lo que causa la sobrepoblación en los estanques; esta excesiva reproducción minimiza la producción debido al tamaño variado de los peces, produciendo poco crecimiento de la verdadera población cultivada, ocurriendo enanismo o atrofia del crecimiento a causa de la competencia por el alimento y espacio en condiciones controladas (Lagler and Steimentz, 1975; Morales, 1991; Arias, 1995).

### 1.1.2 Posición taxonómica del híbrido rojo de tilapia ( *Oreochromis mossambicus* )

<b>Phylum :</b>	Vertebrata
<b>Subphylum :</b>	Craneata
<b>Superclase :</b>	Gnathostomata
<b>Serie :</b>	Pisces
<b>Clase :</b>	Teleostei
<b>Subclase :</b>	Actinopterygii
<b>Orden :</b>	Perciforme
<b>Suborden :</b>	Percoidei
<b>Familia :</b>	Cichlidae
<b>Genero :</b>	Oreochromis
<b>Especie :</b>	Oreochromis mossambicus
<b>Nombre común:</b>	Tilapia híbrida roja

### 1.1.3 Alternativas para su alimentación.

Para que los peces crezcan a su tasa potencial, requieren alimento que les sirva tanto de sustento como de dieta para su crecimiento. En breve los peces en crecimiento necesitan una dieta completa. En canales de agua artificiales y jaulas si es que existen, donde se dispone de poca cantidad de alimento natural, el piscicultor debe suministrar una dieta completa. Estas por lo común son dietas ricas en proteínas y vitaminas, por lo que son costosas.

En el cultivo de tilapia se ha utilizado una amplia variedad de alimentos ya sea alimentos naturales (plancton) y complementarios.

Las tilapias en estado natural se alimentan principalmente de fitoplancton, del cuál, las diatomeas son un importante componente por su alto contenido proteico.

Los alevines se alimentan de detritus macrofitico, rotíferos y otro tipo de zooplancton, larvas de insectos y ácaros acuáticos.

En los estanques de tilapia se ha utilizado alimentos, como hojas de plantas, salvado de arroz, semillas oleaginosas y tortas de semillas en las que se extraído el aceite en la industria aceitera, así como desechos de copra, mandioca y residuos de la industria cervecera. En algunos casos los piscicultores han utilizado alimentos para pollos, raras veces, alimentos para trucha, más costosos. Pero en la



mayoría de los casos los alimentos se preparan en la granja utilizando ingredientes disponibles en la localidad.

El nivel de la alimentación y la composición de las dietas completas son determinados por las necesidades nutricionales de los peces.

#### **1.1.4 Requerimientos ecológicos.**

Entre los requerimientos ecológicos más importantes que deben considerarse para el cultivo del híbrido rojo de tilapia se destacan los siguientes:

##### **Temperatura.**

Los ciclidos 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 y la temperatura ideal para el engorde de estos peces es de 24 - 32°C. En nuestro país, las temperaturas enunciadas se dan en todo el litoral, en los valles interandinos y en la región oriental.

### **Oxígeno.-**

Es uno de los parámetros más importantes dentro de los procesos de la reproducción, los niveles deseados están sobre los 6 ppm, pero se desarrollan normalmente en concentraciones de 5mg/lt. Las tilapias tienen la facultad de reducir el consumo de oxígeno cuando las concentraciones del medio son bajas, inferiores a 3mg/lt, aquí el pez disminuye su metabolismo.

### **pH del agua.-**

Niveles de 6.6 – 7.5 es el óptimo, por debajo de 4 y encima de 11 reducen la supervivencia de los peces, y entre 4,5 – 5,5 no permite la reproducción. La estabilidad del pH mejora las condiciones de los cultivos, permitiendo el incremento de la productividad natural del estanque, la misma que constituye fuente de alimentación para los organismos cultivados.

### **Salinidad.-**

La mayoría de las tilapias son eurihalinas pudiendo vivir en aguas salobres, y algunas en agua de mar; niveles sobre los 10 ppt no son recomendables para la reproducción de *O. niloticus* (Popma, 1994).

### **Alcalinidad y dureza.-**

Afectan directamente al metabolismo de los organismos reduciendo la producción total de tilapia. Una alcalinidad de aproximadamente 75mg CaCO<sub>3</sub> /lt se considera adecuada para promover la productividad de los estanques (Fondepesca, 1988).

### **Turbidez.-**

A lo largo de su evolución, la tilapia se ha adaptado a habitar medios muy diversos en cuanto a la composición y calidad del agua. La turbidez tiene dos tipos de efectos: uno sobre el medio y se debe a la dispersión de la luz y el otro actúa de manera mecánica sobre los peces. Los estanques no deben tener una turbidez mayor de 25 mg/l. (Claude Boyd, 1997).

### **Amoniaco.-**

El amoniaco (NH<sub>3</sub>), es necesario ser considerado debido a su alta toxicidad. Se establece que los niveles de amoniaco en los cultivos deben ser menores a 2 ppm (Piña López, 1993).

## 1.2 Aspectos básicos del cultivo de tilapia en el Ecuador.

### 1.2.1 Reproducción

La reproducción natural de la tilapia ocurre de dos diferentes maneras de acuerdo con la especie. En *Oreochromys aureus*, *O. Mossambicus* y *O. Nociliticus*, el macho fertiliza los huevos depositados por la hembra en el suelo y luego ésta los recoge y los incuba en su boca hasta que eclosionan. En *T. Rendalli* y *T. Zilli* los huevos son depositados e incubados en nidos excavados por el macho y la hembra, los mismos que provocan pequeñas corrientes alrededor de los huevos y embriones y los protegen hasta que maduran.

El principal problema en el cultivo de las tilapias es su proliferación. Se reproducen fácilmente a una temprana edad (3 a 6 meses) aun cuando todavía son pequeñas, y tienen desoves múltiples durante el año.

Esto puede incrementar la población de peces en el estanque a un grado tal que impida el crecimiento. Para resolver este problema, es necesario emplear especies que se desarrollen rápido y alcancen la talla comercial antes de que procreen, o criar poblaciones de un solo sexo.

En la mayoría de tilapias, los machos tienen mayor capacidad de crecimiento que las hembras, aun cuando se críen por separado. Las hembras continúan con el desove a intervalos frecuentes, aun cuando los huevos no sean fecundados. Así la

energía es desviada del crecimiento a la producción de huevos. En una población mixta, cuando los huevos son fecundados y se desarrollan, las hembras no comen durante la incubación bucal ni durante el periodo de crianza, lo cual es considerable gasto de las reservas del cuerpo. Por lo tanto es preferible una población monosexual de machos la cual se obtiene de tres formas:

- Separando machos de hembras por diferencias en sus papilas genitales.
- Una reversión sexual en temprana edad.
- Alimentándolos de hormonas cruzando dos especies de *Sarotherodon* para obtener solo machos híbridos o un alto porcentaje de machos ya sea de 90 %.

### 1.2.2 Hibridación

Un híbrido se obtiene mediante el cruce de dos especies genéticamente diferentes. La obtención de híbridos en medio natural se encuentra imposibilitado por las siguientes causas:

- Ubicación geográfica.
- Incompatibilidad genética.
- Incompatibilidad en el comportamiento.

El entrecruzamiento es realizado con la finalidad de obtener mejores combinaciones de los alelos e incrementar el vigor híbrido en las especies,

fundamentados en conceptos clásicos de la genética como: de poliploidea y transferencia de genes.

La aplicación de la hibridación en el campo de la producción acuícola ha sido la siguiente:

- Producción de machos, que evitan los problemas de sobrepoblación y enanismo que se presentan en los cultivos de ambos sexos de tilapia, ocasionado por la precocidad reproductiva de estos peces.
- Incremento del Vigor Híbrido, con especies que tienen mejores atributos que sus progenitores (longitud, altura, peso, crecimiento, hábitos alimenticios etc).
- Coloración externa atractiva de estos peces.

Inicialmente los trabajos de hibridación de tilapia (Hickling, 1960) tuvo como objetivo la producción de híbridos estériles, pero lo que se obtuvo fue híbridos 100% machos.

La condición básica, para la producción del 100% de alevines machos de tilapia, son sus formas originales (progenitores) sean puras genéticamente. Establecido este requerimiento se obtiene con certeza híbridos machos en un 100% (Morales, 1991).

Los híbridos de tilapia en algunos casos, alcanzan longitudes mayores que las de sus padres, tienen la ventaja de aprovechar mejor los alimentos, soportar altas densidades en los cultivos y tractiva presentación externa. En el campo productivo de tilapia, múltiples son los trabajos sobre cruzamiento que se han realizado para la obtención de alevines machos (tabla # 1).

Tabla # 1.- Hibridación de Tilapia

Hembra	Macho	% Machos	Año	Estado	Referencia
O. mossambicus	O. urolepis h.	100	1960	-	Hikling, 1960
O. nilótico	O. urolepis h.	100	1968	Israel	Hepher y Pruginin, 1985
O. nilótico	O. aureus	100	1967	Israel	Yashouv y Halevey, 1967
O. aureus	O. mossambicus	75	1976	Oaxaca	Delgadillo TMD 1975 publicado
O. mossambicus	O. homorum	75	1984	Nayarit	De La Paz O, 1985 Publicado
O. mossambicus	O. homorum	75	1983	Guerrero	Mercado C. 1987. Con. Per.
O. nilótico	O. mossambicus	80	1987	Tabasco	Galvan V, 1987. Con. Per
O. mossambicus	O. homorum	83	1982	Morelos	Castañeda C. 1987. Con. Per
O. nilótico	O. homorum	80	1987	Oaxaca	Perez Galicia. 1987. Con. Per

Fuente : Armando Morales (CIB) 1991 y F. Castillo, 1994

El principio de obtención de 100% machos se basa en las características cariotípicas de los progenitores.

### 1.2.3 Reversión sexual de los alevines

Es otra de las técnicas aplicadas para la producción de “semilla” macho de tilapia, bajo el suministro de un andrógeno durante el corto lapso que dura la inestabilidad sexual en las tilapias. Con el uso de complejos hormonales se puede revertir en su totalidad a la población a machos (95%).

En la etapa inicial la tecnología experimento muchos métodos, como sumergiendo a las postlarvas en solución hormonal (Eckstein y Spira, 1965) o la aplicación de inyecciones con solución hormonal (Hepher and Pruginin, 1985).

El método más eficaz es el de suministrar oralmente el complejo hormonal; que es fijado en una dieta con los requerimientos alimenticios que necesitan las postlarvas (Guerrero, 1975), siendo este suministrado antes que los tejidos de las gónadas se diferencien en testículo u ovario, es así que después de 28 días de tratamiento, todos o casi todos los peces (>95%) han sido químicamente reversados a machos. (Marcillo & Landivar 2000).



## **1.2.4 Etapa de engorde y cosecha.**

### **1.2.4.1 Etapa de engorde**

El engorde es realizado en una o dos etapas dependiendo de las tallas finales deseadas. Cuando el peso promedio final esperado supera los 500 gramos y/o el tiempo de rotación del ciclo supera los 180 días es recomendable dividir en dos etapas el ciclo del engorde.

Además de los factores ambientales de calidad de agua, concentración de oxígeno y temperatura del agua, la densidad de siembra y el tiempo de cultivo juegan un papel importante en la obtención de tallas finales y la producción por unidad de volumen en jaulas.

### **1.2.4.2 Etapa de Cosecha**

El método de cosecha es determinado por las condiciones prevalecientes. Por lo general, la mejor forma implica el desagüe del estanque, concentrando a los peces en el pozo de cosecha y dirigiéndolos hacia un tanque. Sin embargo, si el estanque no puede ser desaguado, los peces se pueden capturar con una red de arrastre. En esta forma, se puede cosechar un alto porcentaje de los peces.

Existen 2 formas de cosecha a través de pesca con red de arrastre y cosecha por desagüe.

### **Pesca con red de arrastre**

Se realiza con una red que se extiende a través del estanque. La longitud de la red debe ser una o una y media veces del ancho del estanque pero nunca más de 150 metros, una red más grande requiere cambios costosos en su construcción.

### **Cosecha por desagüe**

Cuando los peces han alcanzado la talla comercial y debe iniciarse la cosecha, la alimentación se suspende y el estanque se desagua a una velocidad que es determinada por la capacidad del monje y el dique de desagüe.

Durante el desagüe y la concentración de peces en el pozo de cosecha, así como durante la cosecha, el abastecimiento de oxígeno debe ser mantenido esparciendo agua dulce en diferentes lugares o aireando con uno de los dispositivos utilizados para este fin.

Tabla # 2.- Peso máximo de los peces (g) que pueden pasar a través de una red con un ojo de malla dada.

Ojo de malla (mm.)	Tilapia
20	-
25	40
30	80
35	120
40	160
50	270

Fuente: Cultivo de peces comerciales, Hepher, 1998

### 1.3 Aspectos generales de la industria procesadora de tilapia en el Ecuador.

#### 1.3.1 Inicio, desarrollo, evolución de las plantas procesadoras de Tilapia.

Por iniciativa del sector privado en el año de 1965 se introduce desde el vecino país de Colombia la *tilapia mossambica* (*Oreochromis mossambicus*), para iniciar cultivos en la zona de Santo Domingo, provincia del Pichincha. Lastimosamente la ruptura de los muros del estanque se perdió casi todos los ejemplares, los pocos que se logro capturar se transportaron a la laguna de Yaguarcocha, situada a 2253 m.s.n.m en la provincia de Imbabura.

En 1974 Piscicultores particulares introducen la *tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*), posteriormente en la década de los ochenta se trabajo en el país con el hibrido rojo de tilapia *Oreochromis niloticus*.

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), a través de su Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, con el apoyo de: CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), Subsecretaría de Recursos Pesqueros, CONUEP (Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas) y el AID (Agencia Internacional para el Desarrollo), desde 1983-1987 desarrolló el proyecto de investigación Piscícola con Especies Nativas y Exóticas en la Cuenca del Río Guayas, en la estación piscícolas experimental “El Chame”.

De acuerdo a la información obtenida, en 1994 Ecuador, que a diferencia de Colombia y Venezuela, ya era un país acuicultor, siendo uno de los líderes en la producción mundial de camarón en cultivo, atravesaba por serios problemas por efecto del Síndrome de Taura (1992), la necrosis infecciosa (1994), por lo que miles de hectáreas quedaron abandonadas, pero con enorme potencial para trabajar con especies alternas como el cultivo de tilapia.

La primera empresa diseñada para tal fin sobre fue Tilamar S.A. (El Triunfo Guayas), con capital americano, el cual, en 1993 importó una línea de Red Florida desde Estados Unidos, pero sus problemas de infraestructura y manejo técnico-

administrativo ocasionaron su cierre en 1995, alcanzando a exportar en 1993 filetes frescos a Estados Unidos 9.857 Kg. (Castillo, 2000).

En 1994, dos empresas líderes Empacadora Nacional (ENACA) e Industria Pesquera Santa Priscila inician la exportación de filetes frescos y congelados a Estados Unidos, procesando *O. niloticus* temporalmente de la represa de Chongón (Guayas), mientras sus piscifactorías entraban en línea 40.000 Kg. (Castillo, 2000).

En 1995 según la Asociación Americana de Tilapia (ATA), ya 19 países exportaban tilapia hacia los Estados Unidos, filetes congelados por Taiwán e Indonesia los filetes frescos liderados por Costa Rica, Colombia y Ecuador y el entero congelado Taiwán y China. (Castillo, 2000).

A partir de 1996, la producción de tilapia se centra en la provincia del Guayas, pero no como respuesta a un serio programa de desarrollo piscícola, sino al ingreso de 4 grandes grupos productores, 3 grupos asociados bajo el nombre de Aqua Trade Corporation con un espejo potencial de 2.000 Ha y sus granjas cercanas entre sí y ENACA con un espejo de 1000 Ha, las cuales a su vez han ocupado la producción de pequeñas granjas productoras, dominando enteramente el mercado de exportación, contando con grandes plantas de proceso totalmente tecnificadas y modernas.

Es así que la relación de Ecuador con grandes mayoristas en Estados Unidos como la Rain Forest, FPI (Fishery Products Internacional) y Tropical Aquaculture Products, ha ido incrementando en forma sustancial sus exportaciones, en 1996 ya ocupaba el tercer puesto en la presentación de filetes frescos con 450.700 Kg., el cuarto puesto en filetes congelados 114.160 Kg. y el segundo puesto entero congelado 395.245 Kg. Este ascenso progresivo se centralizó en la exportación de filetes frescos manteniendo constante los otros productos, ocupando el segundo puesto a partir de 1997 (601.782 Kg.), 1998 (645.851 Kg.) y 1999 (1.805.993 Kg.).

#### **1.4 Mercado Nacional e Internacional de la Tilapia.-**

La tilapia, antiguamente se producía y se consumía principalmente en África y en Asia, pero, en los últimos años alcanzó una gran aceptación a nivel internacional. Es así que se estima que su consumo crecerá potencialmente como sustituto de muchas especies de carne blanca para el consumo en gran parte de Europa.

La producción a gran escala y la comercialización de productos en base a tilapia prosperaron en los años ochenta y de modo más impresionante, en los años noventa.

Los precios de la tilapia son competitivos, por lo que se estima que esta especie va a representar un importante sucedáneo de las especies de carne blanca que están en escasez de oferta.

Para Ecuador el gran mercado que ha sido identificado para la tilapia, es el de EEUU. El mayor volumen de las importaciones se da en forma congelada, habiendo igualmente, un crecimiento en las importaciones de filetes frescos y refrigerados durante los últimos años. Esto refleja la tendencia de las importaciones de tilapia del mercado de EEUU. Taiwán es considerado el principal país exportador de tilapia del mundo.

Taiwán aumentó extraordinariamente sus exportaciones de tilapia a partir de 1996. En el año 1999, exportó cerca de 40.000 TM, de la cual el 71% se dirigió al continente americano, a EEUU en particular, 15% a los países árabes, 10% a Europa y cantidades menores hacia Asia y Oceanía. Las exportaciones de tilapia a Asia están dirigidas generalmente a Japón y la República de Corea, donde se la utiliza como *sushi*.

En el año 1999, Taiwán exportó tilapia congelada, en forma entera y en filetes, a 31 países, los EEUU el principal destinatario por lejos, seguido por Arabia Saudita, Canadá y el Reino Unido.

En el año 2000 Ecuador fue uno de los mayores exportadores hacia EEUU. Este país desplazó a Costa Rica como principal abastecedor de filetes frescos a los EEUU. El cultivo de tilapia creció rápidamente en Ecuador al cambiar los cultivos de camarón al cultivo de tilapia luego de los problemas experimentados en sus granjas con la enfermedad de la mancha blanca.

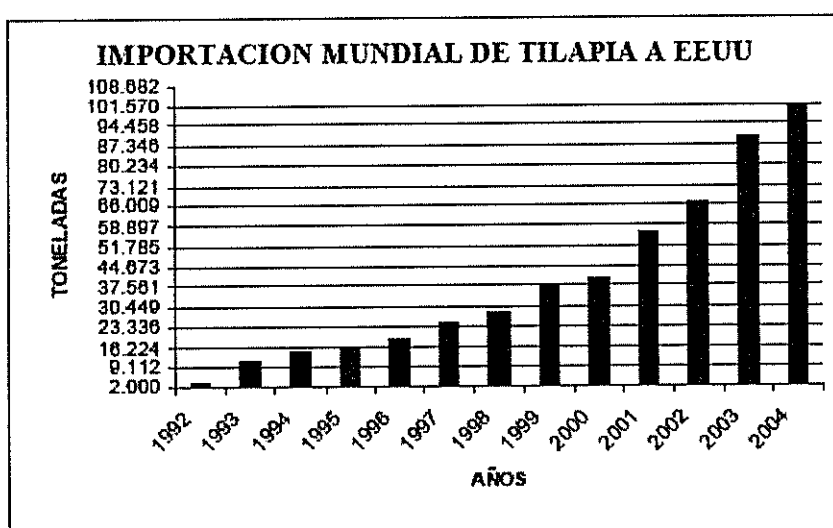
El Reino Unido es considerado como el principal mercado de salida de la tilapia de Europa. La tilapia también se comercializa en Francia, Bélgica, Alemania, Holanda y, en menores cantidades, en Austria, Italia, Suiza, Dinamarca y Suecia. Los principales mercados son las grandes ciudades europeas donde viven grandes comunidades de africanos, asiáticos y chinos, particularmente Londres, París y Ámsterdam. Recientemente, el consumo de tilapia aumentó en los mercados no étnicos. Casi toda la tilapia que se comercializa en Europa proviene de las importaciones, dado que la producción europea es bastante escasa.

En general, el mercado europeo prefiere la tilapia de tamaño grande, comparado con el mercado de EEUU. La tilapia se importa en diferentes formas, pero la preferencia es por el entero congelado. La tilapia del Nilo parece ser la preferida en Alemania, donde se la utiliza principalmente como sustituto del pescado rojo (*Sebastes spp*).



El consumo de tilapia está aumentando en muchos países de América Latina, particularmente en Colombia, Venezuela, Jamaica, Puerto Rico, Brasil, México y Cuba. En Colombia, la tilapia proviene de la producción local y también se importa de Venezuela y Ecuador.

Figura #1.- Importaciones estadounidenses de tilapia (volumen hasta el 2004)



Tomado de Comercio Internacional de Tilapia 2004

### **1.4.1 Formas de presentación de la tilapia.**

#### **Tamaño.**

En el mercado internacional tienen mayor aceptación los tamaños promedio entre 350 y 500 g, con 2 a 3 ejemplares por kilo para consumo en hogares.

Filetes.- Se venden con o sin piel, el filete sin hueso implica la extracción de los huesos de las costillas, el tamaño promedio por caja de 10 libras. Vease figura # 2.

En los mercados internacionales, especialmente en el norteamericano se puede entregar varias formas de tilapia, las más usuales de presentación son:

Tilapia entera viva.- El tamaño de consumo es de 1 a 1.5 libras, puede ser más pequeño o un poco más grande de acuerdo a las preferencias de los consumidores. Se utiliza para la reventa y la presentación en vitrinas de restaurantes con el fin de garantizar su frescura. Vease figura # 3.

Pescado entero sin vísceras.- Se vende la tilapia entera, con cabeza y escamas para distinción y calidad del producto.

Filetes.- Existen varias presentaciones:

- Filete: Fresco y congelado en bloque e IQF. Vease figura # 4

Los filetes frescos se mantendrán más tiempo al colocarlos sobre capas de hielo, los filetes congelados IQF deben sellarse individualmente para mayor duración en percha. Vease figura # 5.

Apanado / IQF.

Enlatado.

Empacado al vacío. Véase figura # 6.

Figura # 2.- Filetes de tilapia roja



Fuente: Infopesca internacional

Figura # 3.- Tilapia entera viva

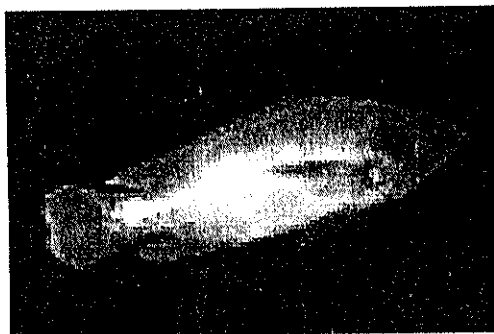
Fuente: [www.necofarm.de/de/produkte/tilapia.html](http://www.necofarm.de/de/produkte/tilapia.html)

Figura # 4.- Filetes de tilapia roja fresco

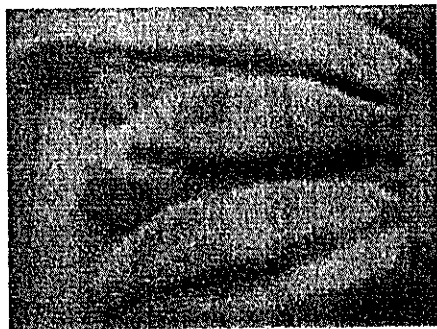
Fuente: [www.tradearea.co.kr](http://www.tradearea.co.kr)

Figura # 5.- Filetes congelado (IQF)

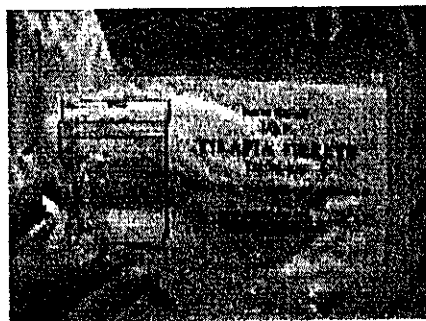
Fuente: [www.tradearea.co.kr](http://www.tradearea.co.kr)

Figura # 6.- Tilapia empacado al vacío

Fuente: [www.odysseyseafood.com](http://www.odysseyseafood.com)

#### 1.4.2 Destino de las exportaciones de tilapia.

La demanda de tilapia de Ecuador en el mercado internacional ha experimentado un aumento gradual en forma significativa especialmente en los últimos años. A raíz del problema de la mancha "Blanca" que azoto al sector camaronero local. Muchos productores tomaron la decisión de transformar sus fincas en granjas para el cultivo de tilapias. La cantidad demandada ha ido en aumento, al igual que los precios se incrementaron. Vease Tabla # 3 y 4.

**Tabla # 3. - Volumen de exportaciones del 2003**

<i>País</i>	<b>Toneladas</b>	<b>Valor FOB US\$</b>
ARUBA	0.005	0.005
BÉLGICA	0.029	0.065
CANADA	0.13	0.307
COLOMBIA	2798	917.66
CHINA	0.19	0.811
ESPAÑA	4.807	8.56
ESTADOS UNIDOS	2939.087	11194.191
FRANCIA	2.392	10.457
ITALIA	5.788	16.258
JAPÓN	24	13.2
HOLANDA(PAISES BAJOS)	0.476	1.53
PANAMA	2.525	15.351
PERU	8.4	9.695
REINO UNIDO	8.91	37.99

Fuente: Banco Central del Ecuador

**Tabla # 4. - Volumen de exportaciones año 2004**

<b>País</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Valor FOB US\$</b>
ALEMANIA	34.42	77.599
BÉLGICA	16.689	34.317
CANADA	8.57	14.664
COCOS (KEELING), ISLAS	3.884	2.33
COLOMBIA	1700.797	934.227
COSTA RICA	50	20
ESPANA	111.684	230.397
ESTADOS UNIDOS	1424.887	1901.275
FRANCIA	7.6	15.182
ITALIA	17	44.971
JAPÓN	135.742	125.285
MARTINICA	3.22	6.44
MÉXICO	9.072	14
HOLANDA(PAISES BAJOS)	0.94	1.865
PANAMA	16.669	25.725
PERU	175.39	75.558
REINO UNIDO	16.938	8.154
SINGAPUR	25	50
VIET NAM	50	100

Fuente: Banco central del Ecuador

### **1.4.3 Mercado Nacional de la tilapia.**

De la producción total de tilapia. El Ecuador destina un mayor porcentaje para la exportación sin embargo: La demanda en el mercado interno se ha ido incrementando tal que en el 2004 llega el 8 % de producción al mercado nacional y se estima que este producto ha ido ganando la aceptación y ha logrado cubrir las expectativas de los consumidores locales, que han visto a este pez, no solo como una alternativa mas para obtener alimentos con alto valor nutricional, sino que además este ha logrado en gran medida transformarse en un producto alimenticio fuertemente apetecible por su fina, firme textura y el exquisito sabor de su carne.

#### **1.4.4 Mercado de los subproductos del procesamiento de la tilapia.**

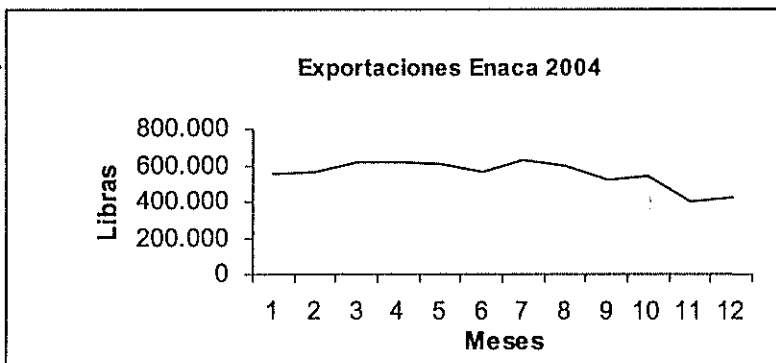
Toda la tilapia es aprovechada, pues su osamenta y vísceras son utilizadas en la elaboración de harina de pescado, mientras que su piel, si es tratada, puede usarse en talabartería. Los subproductos que se destinan a Colombia son las cabezas congeladas y recortes de tilapia congelados y al continente Europeo la piel de tilapia.

## CAPITULO # 2

### 2.1 Descripción de la planta procesadora de tilapia.

Enaca inicio en 1996 al cultivo de Tilapia Roja, un pescado popular tropical de carne suave y blanca. Las ventas de filetes frescos de tilapia han aumentado rápidamente durante los últimos años en USA (Ver Figura 7).

**Figura # 7 Exportaciones de Tilapia 2004**



Fuente: Empacadora Nacional

La planta tiene una capacidad instalada para procesar 2'700.000 de lb. brutas de pescado mensual, con una línea de frío en cada área del proceso, máquinas que



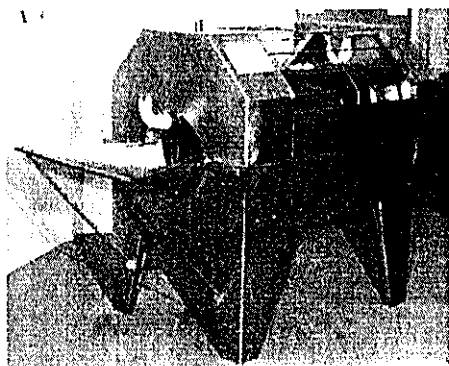
facilitan ciertas partes del proceso como el descamado y despellejado de los filetes y otras áreas donde el trabajo es manual como el fileteado y maquillado, también poseen cámaras de frío para el almacenamiento del producto.

### 2.2.1 Recursos utilizados en el proceso

Durante el proceso se utiliza recurso humano de 300 personas en áreas de limpieza, fileteado, y maquillado de tilapia.

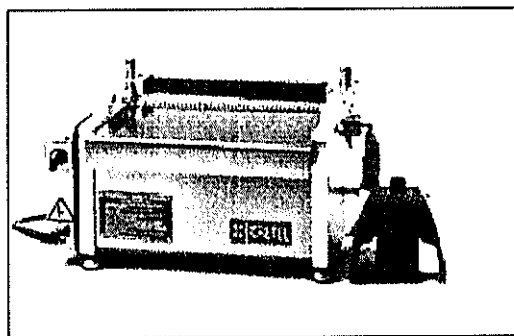
La planta posee el sistema automatizado para realizar las actividades de: descamado, despellejado, cortador, congelamiento, termoencogibles (como se muestra las figuras 8 y 9)

Figura # 8.- Descamadora de pescado



Fuente: Empacadora Enaca

Figura # 9.- Peladora de pescado

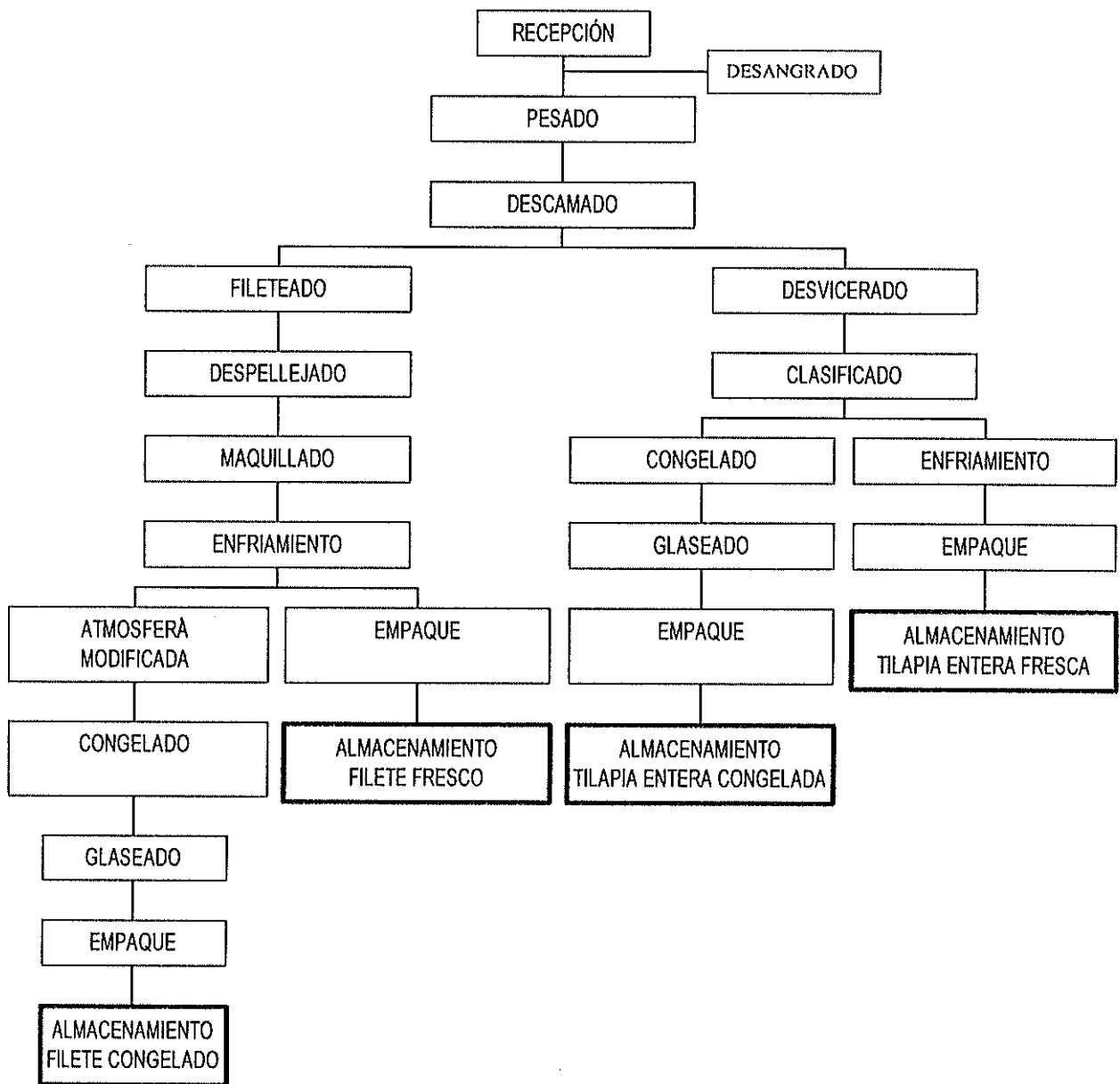


Fuente: Empacadora Enaca

### 2.2.2 Flujograma de los procesos de producción

El procesamiento de tilapia comprende las siguientes fases (como se muestra en la figura 10).

Figura #10.- Flujograma de procesos de producción



Fuente: Empacadora ENACA

### **2.2.3 Descripción de los efluentes de la planta procesadora de tilapia.**

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química, biológica, se emplean métodos de análisis cuantitativos para la determinación precisa de la composición química del agua, análisis cualitativo para el conocimiento de las características físicas y biológicas.

Las características físicas mas importantes del agua residual son el contenido total sólidos, olor, temperatura, densidad, color y la turbiedad. Entre las principales características químicas se encuentran: la materia orgánica, y los gases disueltos. Las características biológicas incluyen los principales grupos de microorganismos presentes en las aguas residuales, tanto aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos como organismos patógenos.

Dentro de los efluentes de la planta procesadora de tilapia constan en su mayor parte de materia orgánica proveniente de los residuos del pescado, materia saponificada como producto de las limpiezas que se realizan en planta y de los propios constituyentes del agua de río que es utilizada en ciertas etapas del proceso.

### **2.2.3.1 Características de los residuos sólidos**

La mayor parte de residuos vertidos a los estuarios es materia orgánica, estos residuos experimentan una elevada demanda de DBO. Además de estos elevados valores de DBO, los residuos también pueden contener elevados niveles de nitrógeno y fosfato, lo que puede conducir a la eutricación de las aguas naturales. No obstante, este efecto se evita a menudo por el carácter turbio natural de estas aguas, que disminuye la cantidad de luz que recibe la vida vegetal, sobre todo las algas fijadas en el sustrato en aguas poco profundas. A menudo aumentan las bacterias y virus de origen fecal asociados con las aguas residuales, mucho de los cuales son patógenos.

Existen también algunos metales pesados de las aguas residuales como el cobre y el zinc que son elementos no biodegradables y permanecen en el medio ambiente; suelen precipitarse debido al desplazamiento de los iones metálicos por el agua salada, a menudo suelen concentrarse en moluscos como el mejillón (Bayne, 1978; Philips y Segar, 1986). Esta acumulación puede tener efectos adversos en la flora y fauna acuática, por lo que a veces constituyen un problema de salud pública cuando se consumen organismos contaminados.

Cabe mencionar que el comportamiento de todo metal pesado en un sistema natural dependerá de su estado químico; si se trata de una solución o materia particulada. En la planta empacadora escogida contiene residuos orgánicos, escamas, grasas que dan origen a la formación de sedimentos negruzcos con olores sulfurosos.

### **2.2.3.2 Características de los residuos líquidos**

Los residuos líquidos son ricos en materia orgánica y se descomponen en presencia de oxígeno mediante la actividad bacteriana, lo que afecta a los niveles de oxígeno disuelto en el agua, y a los nutrientes que se liberan, como nitratos y fosfatos. La reducción de la concentración de oxígeno del agua, provocado por la actividad de las bacterias aeróbicas, se compensa por la difusión del oxígeno de la superficie y de las zonas cercanas con elevada concentración de este gas. Los productos finales resultantes de la actividad de estas bacterias son el sulfuro de hidrógeno, metano y amoníaco y resultan tóxicos para la mayoría de los organismos superiores.

Los residuos líquidos que expulsa la planta procesadora de tilapia están constituidos por: mezcla de sangre, diversos fluidos obtenidos durante el proceso, agua de condensado, agentes de limpieza y desinfección utilizados.

#### **2.2.4 Características del receptor final del efluente.**

Como antecedentes, la evacuación de efluentes a cuerpos receptores de agua se lleva a cabo directamente mediante una tubería. La mezcla y dilución del efluente se daba de manera variable, dependiendo de las características naturales del cuerpo receptor. Un aspecto importante en la evacuación de efluentes consistía en la capacidad de asimilación del cuerpo receptor representada a menudo por la cantidad de materia orgánica que podía ser vertida sin comprometer los recursos de oxígeno disuelto presente en el agua.

En la actualidad se está prestando atención a los efectos medio ambientales de otros constituyentes tales como los sólidos en suspensión, nutrientes y componentes tóxicos y como pueden ser asimilados por el medio natural de manera segura.

La planta procesadora de tilapia está constituida de un tanque séptico centralizado para la retención de sólidos y tuberías para la transportación del líquido clarificado que son evacuados a un sistema natural.

## **CAPITULO 3**

### **3.1 Impactos ambientales del procesamiento de la tilapia**

#### **3.1.1 Impacto ambiental de las aguas residuales de la procesadora de tilapia**

La contaminación del agua se origina por la presencia de residuos líquidos que tienen una alta DBO<sub>5</sub>, un alto contenido de sólidos en suspensión, además de la presencia de grasas y aceites. Generalmente, estos desechos no contienen sustancias tóxicas, como metales pesados, plaguicidas, etc. Eventualmente, pueden ser descargadas altas concentraciones de cloruro de sodio.

Las principales fuentes de desechos son: el eviscerado y el lavado posterior del pescado pueden originar hasta un 80 % del total de residuos líquidos generados. Este tipo de industria debe tener un permanente y cuidadoso sistema de limpieza, mediante el lavado diario de pisos, estanques, con abundante agua. Esto aumenta la cantidad de desechos líquidos.

Los residuos líquidos de la industria pesquera pueden constituir un factor importante en la contaminación del agua de los cuerpos receptores.

Los malos olores típicos emanados por este tipo de industria, dada la naturaleza de materia prima utilizada, se deben al desprendimiento de los gases de su descomposición. Los efectos de los olores pueden ser tan simples como una molestia pequeña o tan complejos como una amenaza a la vida.

Al faenar, eviscerar el pescado, los trabajadores se exponen a infecciones bacterianas como las estreptococias; además, están en contacto con detergentes que pueden producir eczemas en la piel.

### **3.1.2 Regulaciones ambientales nacionales sobre la descarga de aguas residuales.**

Según el artículo N° 25 del registro oficial de Junio de 1989 el cual establece criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y estuarinas en las cuales se muestran valores limite máximo permisibles. Estos valores se presentan en la tabla # 5.

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:



- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

**Tabla # 5. STANDARDS PERMITIDOS POR EL GOBIERNO NACIONAL  
REGISTRO OFICIAL JUNIO 5 DE 1989 ARTICULO 25, - LOS CRITERIOS DE  
CALIDAD**

Parámetros	Expresados Como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Clorofenol	Mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs	Concentración total de PCBs.	Mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	Mg/l	> 6 mg/l	> a 5mg/l	> a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H <sub>2</sub> S	Mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	Mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	Mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	Mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	Mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	Mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	Mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	Mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN <sup>-</sup>	Mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	Mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	Mg/l	0,01	0,01	0,01
Cobalto	Co	Mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	Mg/l	0,01	0,01	0,01
Cobre	Cu	Mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	Mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Fenoles	Mg/l	1,0	1,0	1,0
Grasas y aceites	Película visible	Mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	Mg/l	0,3	0,3	0,3
Manganeso	Mn	Mg/l	0,1	0,1	0,1
Mercurio	Hg	Mg/l	0,01	0,01	0,01
Níquel	Ni	Mg/l	0,0,1	0,01	0,01
Plaguicidas organoclorados totales	organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Piretroides totales	Mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	Mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	Mg/l	0,01	0,01	0,01
Temperatura	°C				
Coniformes Fecales	Nmp/100 ml		200	200	200

Fuente: Municipio de Guayaquil

### **3.1.3 Regulaciones de la EPA sobre la descarga de aguas residuales.**

La Agencia de protección de medio ambiente de los Estados Unidos (EPA) funciona tanto como agencia científica como reguladora de los Estados Unidos. Investigación conducida bajo la Oficina de la misma y desarrollo de la Agencia de Protección Ambiental (ORD) proporciona la base para la formulación de política ambiental y sus programas. El Laboratorio de Investigación para el Manejo Nacional de Riesgo del ORD (el NRMRL), juega un papel vital en la misión de investigación científica en la Agencia de Protección Ambiental.

El objetivo de estas regulaciones, es restaurar y mantener la integridad física, química y biológica de las aguas receptoras.

Los estándares de calidad para el medio acuático en EEUU se considera como:

- Agua potable
- Agua residual

Los estándares primarios para el agua potable son aquellos que se puede exigir por ley, a diferencia que los secundarios no son exigibles por ley, los estándares se subdividen como sigue:

- **Estándares Primarios**

- Claridad (turbidez)
- Microbiológicos (coliformes)
- Productos químicos orgánicos
- Productos químicos inorgánicos
- Radioactividad

- **Estándares Secundarios**

- Color, olor, cloruro, cobre, agentes de espumas, hierro, manganeso, sulfato, cinc, sólidos totales disueltos, pH, dureza, sodio, calcio, potasio, magnesio, boro y nitrito.

### **Limites mínimos que concede la EPA**

Para tratamiento secundario se fijaron en 45 mg DBO<sub>5</sub>/l y 45 mg SS/l para la concentración media de 7 días. También se fijó que el pH del efluente esté en todo momento en el intervalo de 6 - 9.

La ley de Política Ambiental Nacional (NEPA) 1969 y sus modificaciones exigen que se preparen una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) para todas las plantas depuradoras de aguas residuales. Los impactos a evaluar incluyen consideraciones sociales, económicas, ecológicas, legales y políticas. El desarrollo de una DIA para depuradoras de aguas residuales se controla por el Consejo Regulador de la Calidad Ambiental como parte de la NEPA.

### 3.1.4 Aplicación de normas de calidad ISO.

La Organización Internacional de Normalización fue fundada en Ginebra (Suiza) en 1946, con la misión fundamental de promover el comercio, elaborando normas internacionales por consenso voluntario. Se han formulado más de diez mil normas, de las cuales sólo una cantidad reducida se vincula con sistemas de gestión, como la ISO 9000, la ISO 14000, etc.

La serie ISO 14000 que nos corresponde analizar es un conjunto voluntario de normas destinadas a alentar a las organizaciones a ocuparse sistemáticamente de las repercusiones ambientales de sus actividades.

La ISO 14001 fue adoptada en 1996 como norma internacional para orientar la elaboración de sistemas de gestión ambiental. El "SGA" ISO 14001 se define como:

"La parte del sistema general de gestión ambiental que comprende la estructura orgánica, actividades de planificación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para elaborar, implantar, ejecutar, revisar y mantener la política ambiental" (*ISO 14001: 1996*).

La ISO 14001 representa un cambio muy grande de los estándares técnicos a estándares "genéricos"; es decir, estándares que se pueden aplicar a cualquier compañía.

Además de ser una norma internacional sobre gestión ambiental tiene como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un sistema de gestión ambiental efectivo, que puede ser integrado con otros requisitos de gestión para ayudar a las empresas a conseguir algunos objetivos ambientales y económicos.

Las entidades que acreditan los certificadores son usualmente institutos nacionales estandarizados de ISO. Estas entidades deben acreditar de acuerdo a las reglas de IAF (Internacional Accreditation Forum).

El sistema de gestión de calidad (ISO 9000) tienen en cuenta las necesidades de los clientes, mientras que los sistemas de gestión ambiental (ISO 14001) se orientan a las necesidades de una amplia gama de partes interesadas y las necesidades en evolución de la sociedad relativas a la protección ambiental.

#### **Requisitos de la ISO 14001.**

- Definirse una política ambiental de la organización que sea apropiada a la magnitud e impactos ambientales de sus productos, actividades, servicios o productos.
- Compromiso de mejora y continua prevención de la contaminación.
- Cumplir con la legislación y reglamentación ambiental pertinente.

**Tabla 6. Concentración promedio de los parámetros analizados**

Parámetro	Unidad	Concentración del efluente	Concentración según la Ley (a)
pH		7.65	6.5 – 9
Oxígeno Disuelto	mg/lt	1.57	≥5.0
DBO <sub>5</sub>	mg/lt	407.5	< 80% de la carga
DQO	mg/lt	623.68	< 80% de la carga
SST	mg/lt	8660	< 80% de la carga
SSV	mg/lt	102	-----
Sólidos Totales	mg/lt	7078	< 80% de la carga
STV	mg/lt	3351	< 80% de la carga
Nitritos	mg/lt	0.3	-
Nitratos	mg/lt	1.2	-
Fosfato	mg/lt	0.47	-
Fósforo total	mg/lt	0.75	-
Temperatura	°C	19	≤ 32
Caudal	m <sup>3</sup> /día	480	-

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

Tabla 6a. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Accites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	mg/l	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

(b) Concentraciones promedios de descarga permitidas por la ley de Gestión Ambiental Año 2002.



## **CAPITULO 4**

### **4.1 Selección de los procesos unitarios.**

#### **4.1.1 Composición del efluente de la planta procesadora de tilapia.**

La siguiente tabla indica los valores analizados del efluente de la planta procesadora de tilapia, comparados con la ley según el artículo N° 25; registro oficial N° 204 de junio de 1989 (Vease Tabla 6).

#### **4.1.2 Criterios de Selección.**

La relación entre la  $DBO_5$  y la DQO indica la importancia de los vertidos industriales dentro de las aguas residuales y sus posibilidades de biodegradación. Así, si la concentración de  $DBO_5 / DQO$  es inferior a 0.2 el agua es poco biodegradable, entre 0.2 y 0.4 es biodegradable y valores superiores a 0.4 indican aguas altamente biodegradable.

La relación  $DBO_5 / DQO$  del efluente considerado presenta un resultado de 0.6533; es decir, que el agua residual es altamente biodegradable.

#### **4.1.3 Alternativas de selección de procesos unitarios.**

##### **4.1.3.1 Descripción breve de tipos de tratamiento**

- Procesos Físicos
- Procesos Químicos
- Procesos Biológicos

##### **Procesos Físicos**

Los métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos (aplicación de fuerzas gravitatorias, centrifugas, retención física, etc.) se conocen como procesos físicos. En este grupo se pueden incluir:

### **Desbaste por rejillas.-**

Este se lleva a cabo mediante rejillas formadas por barras verticales o inclinadas, que interceptan el flujo de la corriente de agua residual en un canal de entrada a la estación depuradora. Su función es retener y separar los sólidos más voluminosos, a fin de evitar las obstrucciones en los equipos mecánicos de la planta y facilitar la eficacia de los tratamientos posteriores que implican, tamices o filtración mecánica, desengrasado para la retirada de grasas, aceites, hidrocarburos y elementos flotantes, desarenado, sedimentación para eliminar sólidos en suspensión (tales como arcilla, limo, arenas, etc.), por su mayor densidad con relación a la del agua, lo que permite por acción mecánica u otro medio poder sedimentarlos, flotación para la eliminación de materias en suspensión (materiales grandes como palos, plásticos, etc.), evaporación, desinfección y absorción.

### **Procesos Químicos**

Los métodos de tratamiento en los que la eliminación de contaminantes es provocada por la adición de productos químicos o por reacciones químicas se conocen con el nombre de procesos químicos. Entre estos podemos incluir: floculación, coagulación; utilizados cuando existe dificultad para la sedimentación de las partículas en suspensión, neutralización; para modificar el pH, oxidación-reducción; utilizando sulfato de hierro para eliminar cromo,

intercambio iónico; para eliminación de cobre, zinc, plomo, etc., absorción y desinfección; utilizando cloro y ozono.

### **Procesos Biológicos**

Los métodos de tratamiento en los cuales se consigue la eliminación de contaminantes por una actividad biológica son conocidos como procesos biológicos.

El tratamiento biológico se usa esencialmente para eliminar sustancias orgánicas biodegradables (coloidales o disueltas) presentes en el agua residual. Básicamente, estas sustancias se transforman en gases que pueden escapar a la atmósfera y en tejido celular biológico que puede posteriormente eliminarse por sedimentación. Entre ellos citamos: fangos activos, lechos bacterianos, lechos de turba, lagunaje, biodiscos y sistemas de aplicación al suelo.

#### **Fangos activos.-**

Es un proceso continuo en el cual el agua residual se estabiliza biológicamente en tanques o balsas de activación en condiciones aerobias. El efluente de los decantadores primarios pasa a estas balsas de fangos activos que necesitan un aporte de oxígeno para la acción metabólica de los microorganismos. Este aporte se efectúa mediante turbinas o bien a través de difusores dispuestos en

el interior del tanque o balsa. En este último caso, el suministro del aire se realiza mediante turbocompresores.

El sistema consiste en desarrollar un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo alimentado con el agua a depurar. La agitación evita sedimentos, homogeniza la mezcla de flóculos bacterianos y el agua residual conocido como **licor de mezcla**. Después de un tiempo de contacto suficiente, 5-10 horas, el licor de mezcla se envía a un clarificador (**decantador secundario**) destinado a separar el agua depurada de los fangos. Un porcentaje de estos últimos se recirculan al depósito de aireación para mantener en el mismo una concentración suficiente de biomasa activa. Se tiene que garantizar los nutrientes necesarios para que el sistema funcione correctamente. Estos son principalmente el nitrógeno y el fósforo.

Una vez que los afluentes han pasado por estos tanques de aireación y digestión bacteriana, continúan hacia los **decantadores secundarios**. Estos decantadores constituyen el último escalón de un efluente bien clarificado: estable, de bajo contenido en DBO y sólidos en suspensión (menos del 10 % en comparación con el afluente).

Aunque el tratamiento biológico reduce la DBO del agua efluente un 75-90%, la del fango se reduce en mucha menor medida, por lo que suele ser necesario el posterior tratamiento de dichos fangos.

Para que se verifique el proceso, debe haber un equilibrio entre los microorganismos que se mantienen en el reactor y el alimento contenido en el agua residual, para esto es necesario regular el caudal de fangos que se introduce en la balsa de activación en función de la cantidad de alimento que entra con el agua residual.

### **Lechos bacterianos**

Son tanques circulares rellenos de piedras o materiales sintéticos formando un filtro con un gran volumen de huecos, destinado a degradar biológicamente la materia orgánica del agua residual.

El agua a tratar se rocía sobre el lecho filtrante, mediante un brazo giratorio, provisto de surtidores, y da lugar a la formación de una película que recubre los materiales filtrantes y que está formada por bacterias, protozoos y hongos alimentados por la materia orgánica del agua residual. Al fluir el agua residual sobre la película, la materia orgánica y el oxígeno disuelto son extraídos de ésta. El oxígeno disuelto en el líquido se aporta por la absorción del aire que se encuentra entre los huecos del lecho.

El material del lecho debe tener una gran superficie específica y una elevada porosidad, para esto suelen emplearse piedras calizas, gravas, escorias o bien materiales plásticos artificiales de diversas formas. Este sistema de depuración se suele emplear en pequeñas poblaciones y tiene la ventaja económica con respecto a los fangos activos que no necesita aporte alguno de energía.

### **Fases de depuración**

Los procesos de depuración se clasifican en:

- Depuración primaria
- Depuración secundaria
- Depuración terciaria

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

### **Pretratamiento**

El primer paso en la depuración del agua residual consiste en la eliminación de materias gruesas y arenosas, cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento y el eficiente funcionamiento de las máquinas, equipos, instalaciones de la estación depuradora.

El pretratamiento consta de los siguientes procesos:

- Aliviadero de agua 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.

Desbaste.-

La primera operación unitaria que tiene lugar en las plantas de tratamiento es la operación de desbaste. Una rejilla es un elemento con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, que se utiliza para retener los sólidos gruesos existentes en el agua residual.



Los elementos separadores pueden estar constituidos por barras, alambres o varillas paralelas, telas metálicas o placas perforadas, y las aberturas pueden ser de cualquier forma, aunque normalmente suelen ser ranuras rectangulares u orificios circulares.

Las rejillas tienen la finalidad de proteger las bombas, válvulas, conducciones y otros elementos contra los posibles daños y obturaciones provocados por la presencia de trapos y de objetos de gran tamaño.

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 distintos criterios, en:

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

El destino de los residuos en las rejillas puede ser:

- Almacenamiento temporal del material cribado 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 cualquiera de las unidades, para su mantenimiento.
- Enterramiento.

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

#### **Desarenado y desengrasado.-**

Arenas, grasas pueden perjudicar el funcionamiento 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 perjudican el tratamiento posterior de fangos.

Los desarenadores se pueden clasificar en: desarenadores de flujo horizontal, flujo vertical y flujo inducido.

La eliminación de las burbujas de grasas se lo efectúa por emulsión hacia la superficie (3 y 4 mm), uso de bolsas de decantación y raquetas de eliminación.

### **Depuración primaria**

En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y de la sedimentación. El efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO alta. El principal papel de tratamiento primario continuara siendo el previo al tratamiento secundario.

Las aguas residuales que ingresan a una depuradora contienen materiales que pueden obstruir o dañar las bombas y la maquinaria. Estos materiales se eliminan por medio de enrejados o barras verticales, posteriormente se queman o se entierran tras ser recogidos manual o mecánicamente. El agua residual pasa a continuación a través de una trituradora, donde las hojas y otros materiales orgánicos son triturados para facilitar su posterior procesamiento y eliminación.

## **Sedimentación**

La sedimentación consiste en la separación, por la acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuya densidad es mayor que el agua. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. El término de sedimentación-decantación se utiliza indistintamente.

Esta operación se emplea para la eliminación de arenas, de la materia en suspensión en floculo biológico en los decantadores secundarios, en los procesos de fango activo, tanques de decantación primaria de los flóculos químicos cuando se emplean la coagulación química, y para la concentración de sólidos en los espesadores de fango.

En la mayoría de los casos, el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado, pero también es necesario producir un fango cuya concentración de sólidos permita su fácil tratamiento y manejo.

## **Flotación**

Es una operación unitaria que se emplea para la separación de partículas sólidas o líquidas de una fase líquida. La separación se consigue introduciendo finas burbujas de gas, normalmente aire, en la fase líquida. Las burbujas se adhieren a las partículas, y la fuerza ascensional que experimenta el conjunto partícula-burbuja de aire hace que suban hasta la superficie del líquido. De esta forma, es

posible hacer ascender a la superficie partículas cuya densidad es mayor que la del líquido, además de favorecer la ascensión de las partículas cuya densidad es inferior, como el caso del aceite en el agua.

En el tratamiento de aguas residuales, la flotación se emplea para la eliminación de la materia suspendida y para la concentración de los fangos biológicos. La principal ventaja del proceso de flotación frente a la sedimentación consiste en que permite eliminar mejor y en menos tiempo las partículas pequeñas o ligeras cuya deposición es lenta.

### **Digestión**

Es un proceso microbiológico que convierte el lodo, orgánicamente complejo, en metano, dióxido de carbono y un material inofensivo similar al humus. Las reacciones se producen en un tanque cerrado o digestor, y son anaerobias, esto es, se producen en ausencia de oxígeno. La conversión se produce mediante una serie de reacciones. En primer lugar, la materia sólida se hace soluble por la acción de enzimas. La sustancia resultante fermenta por la acción de un grupo de bacterias productoras de ácidos, que la reducen a ácidos orgánicos sencillos, como el ácido acético. Entonces los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias. Se añade lodo espesado y calentado al digestor tan frecuentemente como sea posible, donde permanece entre 10 y 30 días hasta que se

descompone. La digestión reduce el contenido en materia orgánica entre un 45 y un 60 por ciento.

### **Desecación**

El lodo digerido se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación. El secado al aire requiere un clima seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima; algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos de arena.

### **Depuración secundaria**

Una vez eliminados de un 40 a un 60% de los sólidos en suspensión y reducida de un 20 a un 40% la  $DBO_5$  por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua. Por lo general, los procesos microbianos empleados son aeróbicos, es decir, los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto. El tratamiento secundario supone, de hecho, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos. En presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos. La producción de materia orgánica nueva es un resultado indirecto de los procesos de tratamiento biológico, y debe eliminarse antes de descargar el agua en el cauce receptor.

Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario, incluyendo el filtro de goteo, el lodo activado y las lagunas.

### **Filtro de goteo**

En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua. El proceso de goteo, cuando va precedido de sedimentación, puede reducir cerca de un 85% la  $DBO_5$ .

### **Fango activado**

Es un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas floc, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El floc absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la  $DBO_5$  fluctúa entre el 60% y el 85%.

Un importante acompañante en toda planta que use lodo activado o un filtro de goteo es el clarificador secundario, que elimina las bacterias del agua antes de su descarga.

### **Estanque de estabilización o laguna**

Otra forma de tratamiento biológico es el estanque de estabilización o laguna, que requiere una extensión de terreno considerable y, por tanto, suelen construirse en zonas rurales. Las lagunas opcionales, que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0,6 a 1,5 m y una extensión superior a una hectárea. En la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Puede lograrse una reducción de la  $DBO_5$  de un 75% a un 85%.

### **Tratamiento avanzado de las aguas residuales**

El agua que recibe el vertido requiere un grado de tratamiento mayor que el que puede aportar el proceso secundario, o si el efluente va a reutilizarse, es necesario un tratamiento avanzado de las aguas residuales. A menudo se usa el término tratamiento terciario como sinónimo de tratamiento avanzado, pero no son exactamente lo mismo. El tratamiento terciario, o de tercera fase, suele emplearse para eliminar el fósforo, mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos



adicionales para mejorar la calidad del effluente eliminando los contaminantes recalcitrantes. Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO<sub>5</sub> en similar medida. Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis.

La eliminación del amoníaco, la desnitrificación y la precipitación de los fosfatos pueden reducir el contenido en nutrientes. Si se pretende la reutilización del agua residual, la desinfección por tratamiento con ozono es considerada el método más fiable, excepción hecha de la cloración extrema. Es probable que en el futuro se generalice el uso de estos y otros métodos de tratamiento de los residuos a la vista de los esfuerzos que se están haciendo para conservar el agua mediante su reutilización.

### **Alternativas de selección de procesos unitarios**

En esta etapa se determina el número de procesos que se construirá en las diferentes fases de implementación y otras facilidades de la planta como, tuberías, canales, controles exteriores, etc.

El objetivo de selección de procesos unitarios es llegar a una definición preliminar sobre las alternativas de solución más convenientes en que relaciona el tipo de tratamiento de las aguas residuales. Este estudio se realizó mediante la metodología de Meltcaft & Eddy y el manual de Depuración Uralita.

La aplicación es sencilla, orienta durante la utilización del mismo y está estructurada sobre la base de modelos - tipo 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 basadas en fosa sépticas.
- Tanque de decantación – digestión.
- Lechos bacterianos
- Fangos Activados.
- Lagunajes
- Sistemas naturales.

Los pasos que presentan la planta modelo son los siguientes:

- Canal de entrada
- Rejillas
- Tamizado
- Cámara de grasa
- Decantador primario
- Lecho bacteriano
- Digestor

Otras consideraciones que se debe tomar en cuenta para elegir la alternativa más conveniente son las siguientes.

1. Relación con el tiempo se debe simular:
  - a. Condiciones futuras sin acciones de control; y,
  - b. Condiciones futuras con obras de intersección y tratamiento
  
2. En relación con caudales del cuerpo receptor se deben simular condiciones con:
  - Caudales medios mensuales
  - Caudales mínimos
  - Caudales máximos
  
3. En relación con el tipo de tratamiento, generalmente es más conveniente efectuar una serie de corridas de simulación para varias características de los efluentes, de este modo poder determinar el grado de tratamiento de las aguas residuales.

Otra forma de saber si nuestra agua residual es biodegradable es utilizando como indicador la relación entre  $DBO_5$  y  $DQO$ , estos índices se deduce fácilmente si la sustancia a depurar es de origen domestico o industrial y nos sirve para seleccionar el método de depuración mas adecuado. Si la relación  $DBO_5/DQO$  es mayor a 0,4 es decir, que el agua es biodegradable y para su depuración se puede utilizar sistemas biológicos por fangos activos o lechos bacterianos. Véase Tabla 7

Tabla 7.- Biodegradabilidad de un agua residual

<b>DBO<sub>5</sub>/DQO</b>	<b>Biodegradabilidad del agua residual</b>
< 0,2	Poco biodegradable
0,2 – 0,4	Biodegradable
> 0,4	Muy biodegradable

Fuente: Manual de Depuración URALITA

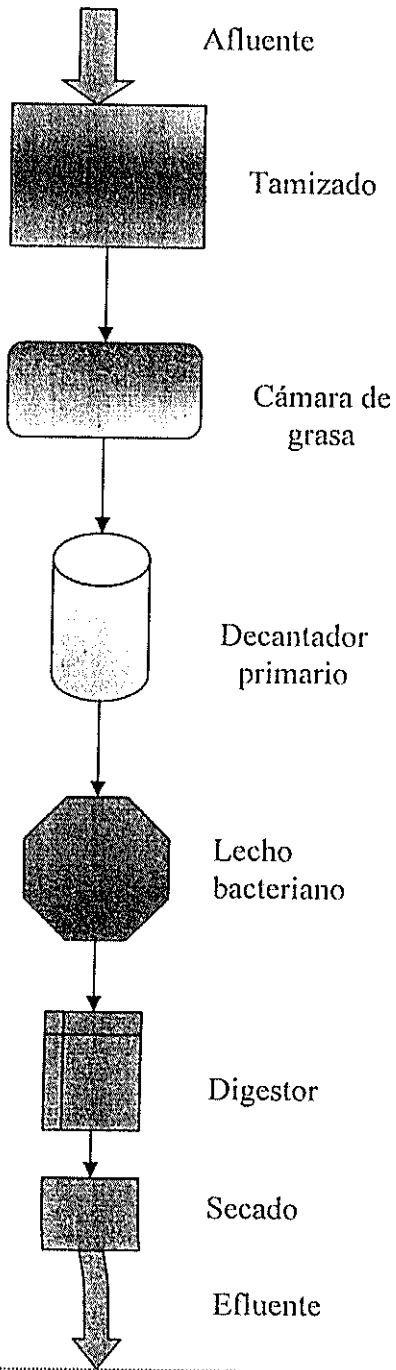
#### 4.1.4 Flujograma del sistema de tratamientos por procesos unitarios.

Con los antecedentes estudiados y tomando en cuenta las características del efluente de la planta procesadora de tilapia se puede describir los siguientes procesos unitarios, que servirán para mejorar la calidad de agua del efluente de este tipo de industria.

El principal problema que tiene esta industria en su mayor parte es la materia orgánica proveniente de los residuos del pescado, materia saponificada como producto de las limpiezas que se realizan en planta y de los propios constituyentes del agua de río que es utilizada en ciertas etapas del proceso.

En la planta empacadora escogida contiene residuos orgánicos, escamas, grasas que dan origen a la formación de sedimentos negruzcos con olores sulfurosos. Es por esta razón que para tratar este tipo de efluente se debe contar con los siguientes procesos unitarios: Vease figura 11

Figura 11.- Flujograma de procesos unitarios



## **CAPITULO 5**

### **5.1 Diseño de sistema de procesos unitarios.**

#### **5.1.1 Calculo del caudal del efluente.**

El canal de drenaje de la planta procesadora de tilapia tiene forma trapezoidal con base mayor de 0.5 m, 0.2 m de base menor y una altura de agua de 0.05 m. Primero se calculo el área del canal de drenaje de la planta procesadora de tilapia, volumen y su respectivo caudal.

Para realizar el cálculo de caudal se utilizo las siguientes formulas:

A= área

a = base mayor

b = base menor

h = altura de agua

Donde:

$$A = \frac{1}{2}(a + b) h$$

$$A = \frac{1}{2}(0.5 + 0.2) 0.05$$

$$A = 0.0175 \text{ m}^2$$

V = Volumen

$$V = \text{Área} * \text{Largo}$$

$$V = 0.0175 \text{ m}^2 * 12 \text{ m}$$

$$V = 0.21 \text{ m}^3$$

Q = Caudal

$$Q = \text{Volumen} / \text{tiempo}$$

$$Q = (0.21 \text{ m}^3) / 37.8 \text{ seg}$$

$$Q = 0.0055 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

#### 5.1.1.1 Medición del caudal del efluente

Para determinar los caudales de agua que constituye el afluente utilizamos la siguiente metodología: Se midió el caudal en el canal de drenaje que recoge de la planta procesadora de tilapia, especialmente en la mañana que inicia la faena (07h00am), para determinar los caudales máximos. Esto se realizó utilizando 6 pelotas de ping-pong las cuales para darle estabilidad, fueron perforadas para introducir arena hasta un 25% de la capacidad de la pelota y luego selladas con

pegamento (silicón), además se estableció la distancia que recorrería (12m), el lanzamiento de cada pelota al canal en un intervalo de una hora cada una y con la ayuda de un cronómetro medimos el tiempo que tardo en recorrer (37,83 seg.), el canal de drenaje tiene forma trapezoidal con un volumen de  $0.21 \text{ m}^3$ . Véase la tabla 7 aforos de caudales.

**Tabla 8. Aforo de caudales efectuados en Planta Procesadora de Tilapia.**

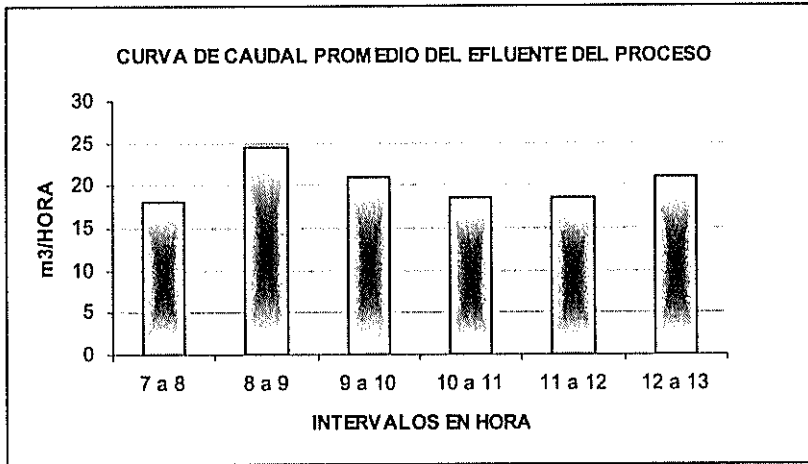
<b>Aforos de Caudales</b>		
<b>HORAS</b>	<b>EFLUENTE</b>	<b>TIEMPO</b>
	<b><math>\text{m}^3/\text{hora.}</math></b>	<b>seg.</b>
8:00 am	18	42
9:00 am	24.38	31
10:00 am	21	36
11:00 am	18.43	41
12:00 am	18.43	41
13:00 pm	21	36

Realizado: Crespo-Solano

El flujo máximo calculado es de  $0,0055 \text{ m}^3/\text{seg.}$  Lo que nos da un flujo diario de  $480 \text{ m}^3/\text{día.}$  La figura 12 muestra la curva de comportamiento del efluente durante el proceso en metros cúbicos por hora durante un día laborable.



**Figura 12.- Curva de caudal promedio del efluente de proceso**



Realizado: Crespo-Solano

#### 5.1.1.2 Medición del caudal del efluente de la planta

La empacadora posee medidores de lectura de agua independiente para sus procesos, en la cual la mayor cantidad de agua utilizada es en la planta de tilapia, este proceso demanda lavado, eviscerado, agentes de limpieza y desinfección. Es así que la demanda de agua requerida para el proceso es de 20 m<sup>3</sup>/hora, los datos obtenidos fueron medidos en un intervalo de una hora (véase la tabla 8).

**Tabla 9.- Caudales promedios de planta de tilapia por día y hora**

<i>Planta Tilapia</i>	<i>m3/hora</i>	<i>m3/día</i>
Planta procesadora de tilapia	13	312
Plenilubio tilapia limpieza control calidad 1	2	48
Plenilubio tilapia limpieza control calidad 2	2	48
Caldero tilapia	0	0
Lavado de gavetas y exteriores de tilapia	2	48
Bandejas congelación	1	24
<b>Sumatoria</b>	<b>20</b>	<b>480</b>

Fuente: Empacadora Nacional

**Tabla 10.- Caudales promedios varios de la planta procesadora por día y hora**

<b>Oficinas</b>	<b>m3/hora</b>	<b>M3/día</b>
cons. Gen. De plta cam.	0	0
Administración	0	0
Total cocina - baños - lavandería personal	0	0
Baños personal planta	3	72
Cocina	0	0
Lavandería general	0	0
Cocina-baños pers-lab. Micro.-agua dulce	3	72
Baños hieleros - parrillas – talleres	1	24
<b>Sumatoria</b>	<b>7</b>	<b>168</b>

Fuente: Empacadora Nacional

La Empacadora Nacional tiene una demanda total promedio de agua de 1056 m<sup>3</sup>/día, dependiendo de las variables (número de faenas, producción, personal).

## 5.1.2 Diseño y dimensionamiento de los procesos unitarios

### 5.1.2.1 Objetivo del diseño conceptual

Los resultados del diseño preliminar muestran la configuración, trazado, dimensiones y estación requerida para que nuestra planta de tratamiento pueda soportar condiciones críticas de carga. La planta procesadora cuenta con una área de 450 m<sup>2</sup> es decir, 0.045 ha de terreno que servirán para el diseño preliminar.

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

**Parámetros de entrada:**

Caudal de diseño	480 m <sup>3</sup> /día
Coefficiente de punta	1.5
Demanda Bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	407.5 mg/l
Coefficiente de punta de DBO	1.5
Sólidos en suspensión totales (SST)	8660 mg/l
Sólidos en suspensión volátiles (SSV)	5100 mg/l
Temperatura ambiente	27 C

**Parámetros de salida:**

Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	100 mg/l
Sólidos en suspensión totales	100 mg/l

**Diseño del canal de entrada**

Este canal se diseñara con las siguientes características (Uralita, 1996)

Sección	Rectangular
Ancho del canal	0.3
Capacidad del canal	2.10 m <sup>3</sup>
Altura máxima útil (m)	0.7
Altura de resguardo (m)	0.4
Velocidad a Qmed (m/s)	0.6

Velocidad a Qmax (m/s)	3
Longitud del canal (m)	10 m
Rejillas (varilla 5/8)	15 mm de separación
Pendiente del canal	0.5%

### Dimensionamiento

Para dimensionar el canal de entrada, se estima factores de seguridad por limpieza, lluvia, etc. Se trabajara con un caudal máximo, y una velocidad máxima que es de 3 m/s. (Uralita 1996).

$$Q_{\max} = 4 Q_{\text{medio}}$$

$$Q_{\max} = 4(0.0055 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$Q_{\max} = 0.022 \text{ m}^3/\text{s}$$

H = altura

V = volumen

A = Área (Dato a conocer)

Donde:

$$A = V/H$$

$$A = 0.022 \text{ m}^3 / 0.40 \text{ m}$$

$$A = 0.055 \text{ m}^2$$

Basándose en datos técnicos de recomendaciones de diseños para construcción de canales, se sugieren canales rectangulares, y la relación ancho y largo que escogimos es 1, 44: 1 usando la fórmula de rectángulo con la recomendación nos da:

$$A_r = 1.44H * L$$

Donde:

H = largo

L = ancho

$A_r$  = área del rectángulo

Entonces:

$$L = \sqrt{A/1.44}$$

$$L = \sqrt{(0.055/1.44)}$$

$$L = 0.20 \text{ m} \approx 20 \text{ cm. de ancho}$$

$$H = 1 * 0.20$$

$$H = 0.20 \text{ m} \approx 20 \text{ cm. largo}$$

Altura de resguardo: 0.40 m (Uralita, 1996)

Altura máxima útil: 0.70 m (Uralita, 1996)

### **Mantenimiento**

El mantenimiento de limpieza de los canales y de las rejillas (trampa de grasa), se lo deberá hacer en lo posible cada semana con el fin de que la grasa acumulada no obstruya el paso del caudal hacia los demás procesos. Se puede observar en la lamina 1 el diseño y dimensiones de las trampas de grasas.

### Diseño de rejas de desbaste

Se usaran barras con prevención de entrada de materiales grandes, estas serán de 9 mm de ancho con una separación útil entre barras 15 mm.

#### Calculo de ancho de canal de rejillas:

$$b = (c/s - 1) (s + a) + s$$

a (mm) = anchura de barras

b (mm) = ancho canal zona de rejillas

c (mm) = ancho canal de entrada

s (mm) = separación útil entre barras

n = numero de barras

Donde;

$$a = 9 \text{ mm}$$

$$b = ?$$

$$c = 200 \text{ mm}$$

$$s = 15 \text{ mm}$$

Entonces:

$$b = (200/15 - 1) (15+9) + 15$$

$$b = 357 \text{ mm ancho del canal de rejillas}$$

Numero de rejillas:

$$n = (b - s) / (a + s)$$

$$n = (357-15) / (9+15)$$

$$n = 14.28 \approx \mathbf{14 \text{ barras}}$$

### **Tamizado:**

Se usara un tamiz estático con una separación libre entre barras de 1,5 mm soportara un caudal de 65 m<sup>3</sup>/h (Uralita, 1996). Ver lamina 2.

### **Diseño de la cámara de grasa:**

Para el diseño de la trampa de grasa se tomará en cuenta la cantidad de grasa recolectada. De esta manera la cantidad grasa va desde 16 lt /día a 50 lt / día. (Ver lamina 3).

Para dimensionar la cámara de grasa se asumirá la altura de la capa de grasa que se quiere retener y en base a este dato se obtiene el cálculo, las características de este componente son:

Altura de la capa de grasa 1 cm.

Se utiliza la formula de volumen

$$V = A * H$$

Donde:

$V = \text{Volumen}$

$$V = 0.050\text{m}^3$$

$A = \text{Área (dato a conocer)}$

$H = \text{Altura de } 0.01\text{m}$

Se obtiene que  $A = 5\text{m}^2$

Besándose en recomendaciones técnicas para construcción de trampas se tiene que las relaciones de ancho y largo son 1:2. Usando la fórmula del rectángulo con la recomendación da:

$$A_r = 2H * L$$

Donde:

$H = \text{largo}$

$L = \text{ancho}$

$A_r = \text{área del rectángulo}$

Entonces:

$$L = \sqrt{A/2} \text{ nos da un ancho de } 1.60 \text{ m y el largo } 3.20 \text{ m.}$$

La profundidad esta en base a los datos técnicos (Uralita 1996) y son:

Caudal máximo 0,52 l/s

Tiempo de retención 3 minutos



Relación Longitud/ ancho	2 / 1
Tubos	10 cm. de diámetro
Altura de la cámara de grasa	1.0 m
Altura útil de la cámara	0.7 m
Altura de resguardo	0.3 m
Volumen	5.12 m <sup>3</sup>
Volumen 1er compartimiento	2.56 m <sup>3</sup> (50% del volumen total)
Volumen 2do compartimiento	1.53 m <sup>3</sup> (30% del volumen total)
Volumen 3er compartimiento	1.024 m <sup>3</sup> (20% del volumen total)

### **Mantenimiento**

Para que exista un buen funcionamiento de la cámara de grasa requiere de mantenimiento diario, utilizando rasquetas et absorción de grasas y evacuar el material flotante a un recipiente con fin de acumular los desperdicios de grasas.

La segunda cámara presenta piedras difusoras de aire cuya finalidad es hacer flotar toda partícula con grasa que no se pudo recoger en el primer compartimiento.

### **Decantador primario**

El decantador posee las siguientes características:

$$S = Q/V$$

S = superficie de decantación (m<sup>2</sup>)

V = velocidad ascensional (m/h)

$Q =$  caudal a tratar ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$S_{\text{max}} =$  superficie de decantación a caudal máximo.

$S_{\text{med}} =$  superficie de decantación a caudal medio.

$$S_{\text{max}} = Q_{\text{max}}/V = (79.2 \text{ m}^3/\text{h}) / (2.20 \text{ m/h})$$

$$S_{\text{max}} = 36 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{med}} = Q_{\text{med}}/V = (20 \text{ m}^3/\text{h}) / (1.30 \text{ m/h})$$

$$S_{\text{med}} = 15.38 \text{ m}^2$$

Longitud del decantador utilizando una relación 1:2

$$L = \sqrt{A}/2 \text{ nos da un ancho de } 2.77 \text{ m y el largo } 5.54 \text{ m. con } Q_{\text{med}}$$

$$L = \sqrt{A}/2 \text{ nos da un ancho de } 4.24 \text{ m y el largo } 8.48 \text{ m. con } Q_{\text{max}}$$

La altura útil del decantador es de 3 m

### **Volumen de decantación primaria**

$$V = Q * T_r$$

$V =$  volumen de decantación ( $\text{m}^3$ )

$Q =$  caudal a tratar

$T_r =$  tiempo de retención (horas)

$$V_{\text{max}} = Q_{\text{max}} * T_r$$

$$V_{\text{max}} = (0.022 \text{ m}^3/\text{s}) (5400 \text{ seg})$$

$$V_{\text{max}} = 118.80 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{med}} = Q_{\text{med}} * T_r$$

$$V_{\text{med}} = (0.0056 \text{ m}^3/\text{s}) (7200 \text{ seg})$$

$$V_{\text{med}} = 40.32 \text{ m}^3$$

### **Carga de Salida en vertedero**

$$L = Q/V$$

Donde:

$L$  = longitud necesaria de vertedero (m)

$Q$  = caudal a tratar ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$V$  = carga de salida por el vertedero ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ )

$$L = Q_{\text{med}}/V$$

$$L = 20.16 \text{ m}^3/\text{h} / 10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

$L = 2.016 \text{ m}$  longitud necesaria del vertedero.

$V_r$  = Velocidad lineal de las barrederas de fondo en decantadores.

$$V_r = 0.6 \text{ m}/\text{min} \text{ (Uralita 1996)}$$

Las inclinaciones de los fondos para dichas rasquetas suelen ser:

- En decantadores circulares                      Del 2 al 8%
- En decantadores rectangulares                  Del 0.5 al 2%

### **Características del decantador:**

Largo: 8.48 m

Ancho: 4.24 m

Altura: 2.50 m

Altura de protección: 0.50 m

Pendiente de fondo: 2% (Ver lamina 4).

### **Lecho Bacteriano**

Se utiliza un proceso convencional con un tiempo de retención de tres horas y con una velocidad ascensional  $1.02 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ . (Ver lamina 5)

Parámetros de diseño (Uralita 1996):

Profundidad de lecho = 2 m

Carga orgánica =  $0.50 \text{ Kg DBO}_5/\text{m}^3\cdot\text{d}$

Carga hidráulica =  $2 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ .

Profundidad = 2 m

Rendimiento = 80 %

Velocidad de giro = 2.5 m/min

Numero de brazos = 4

### **Digestor**

Para el diseño de un digestor los métodos se basan en tiempo medio de retención celular, uso de factores de carga volumétrica, reducciones de volumen y factores de carga. (Metcalf & Eddy, 1996).

Parámetros de Diseño:

$\theta_c$ : Tiempo medio de retención celular(días)

$\theta_c = 10 \text{ días a } 35^\circ \text{ C}$

E: eficiencia de utilización de residuo = 0.80

Y = Coeficiente de producción

$Y = 0.05 \text{ Kg. células / Kg. DBO utilizado}$

Cálculo de Volumen de Fango y Carga de  $\text{DBO}_1$  diarios:

$$V = (0.15 \text{ kg/m}^3 * 960 \text{ m}^3/\text{día}) / 1.02 * 1000 \text{ Kg/m}^3 * 0.05$$

$$V = 2.82 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$\text{Carga } \text{DBO}_1 = 0.14 \text{ Kg./ m}^3 * 960 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Carga } \text{DBO}_1 = 134.4 \text{ Kg. / día}$$

Volumen del Digestor:

$$\theta_c = V / Q$$

Donde:

$Q = \text{Caudal de fango}$

$$V = 2.82 \text{ m}^3/\text{día} * 10 \text{ d}$$

$$V = 28.2 \text{ m}^3$$

Altura: 3 m

Diámetro: 10.37 m Ver lamina 6

### 5.1.3 Características del efluente después del tratamiento

Para el cálculo de los diferentes componentes que van a constituir nuestro sistema de depuración, se utilizó como referencia, METCALF & EDDY, Ingeniería de aguas residuales, GERARD KIELY, Ingeniería ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión, Manual de Depuración de URALITA y para comprobar los cálculos realizados manualmente se usó el software 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 dimensionamiento 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 de 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 de salida.
- Sólidos en suspensión totales de salida.

Los datos de entrada definirán los posibles modelos validos para las condiciones de salida, en cuanto al caudal máximo a la  $DBO$  máxima permitida para determinar un modelo concreto, así como el dimensionamiento de cada modulo 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 rejas evitando el paso de todo material por encima de los 30mm, luego de este modulo pasara a la cámara de grasas que retendrá las grasas, en este lugar se bajara un 25% de DBO, posteriormente pasa un digestor que baja el DBO de nuestra agua donde 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 y es conducida al medio natural para de esta manera reducir el impacto de contaminación en el sistema natural.

Durante el tratamiento por cada uno de los procesos que utilizamos alcanzamos una remoción de grasa en la rejas de barras en un 5% y en el desengrasador en un 80%, la depuración en el tratamiento primario es 40% de DBO<sub>5</sub> y SST de un 60%, en el tratamiento biológico como son el lecho bacteriano y el digestor se alcanzó una depuración de 70 % de DBO<sub>5</sub> y 95% de SST, obteniendo resultados que exige la ley municipal los mismos que están basados en la ley Según el artículo N° 25 del registro oficial de Junio de 1989 el cual establece criterios de calidad para la



preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y estuarinas en las cuales se muestran valores límite máximo, cumpliendo de esta manera el objetivo planteado para el diseño de planta de tratamiento para aguas residuales de una planta procesadora de tilapia.

#### **5.1.4 Costos del diseño**

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

- Tipos de contaminación
- Tipo y sistema de la depuración
- Superficie ocupada
- Tipo de terreno
- Materiales y equipos utilizados
- Instalaciones complementarias
- Mano de obra

Tabla 11.-

## PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO

ELEMENTO	MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	SUB-TOTAL
CANAL DE ENTRADA	Hormigón Simple f c=210 kg/cm2	m3	2,70	137,95	372,465
	Acero de refuerzo 12 mm	kg	147,00	1,07	157,290
	Encofrados	m2	47,59	9,71	462,099
TAMICES Y REJILLAS	Acero de refuerzo 8 mm	kg	99,96	1,07	106,957
CAMARA DE GRASAS	Hormigón Simple f c=210 kg/cm2	m3	2,56	137,95	353,152
	Acero de refuerzo 12 mm	kg	137,55	1,07	147,179
	Encofrados	m2	34,19	9,71	331,985
	Compresor	1,5 HP	1,00	190,4	190,400
DECANTADOR	Hormigón Simple f c=210 kg/cm2	m3	24,15	137,95	3331,493
	Acero de refuerzo 12 mm	kg	1273,00	1,07	1362,110
	Encofrados	m2	99,75	9,71	968,573
LECHO BACTERIANO	Hormigón Simple f c=210 kg/cm2	m3	14,58	137,95	2011,311
	Acero de refuerzo 12 mm	kg	2310,00	1,07	2471,700
	Encofrados	m2	153,72	9,71	1492,621
BIODIGESTOR	Hormigón Simple f c=210 kg/cm2	m3	30,00	137,95	4138,500
	Acero de refuerzo 12 mm	kg	4753,06	1,07	5085,774
	Encofrados	m2	316,20	9,71	3070,302
BOMBAS MOVIMIENTO TIERRA		1.50 Hp	3	359	1076
	Maquinaria	m3	100,00	360	360,000

## COSTO DE IMPLEMENTACION

MATERIALES

26413,910

DIRECCIÓN TÉCNICA 25%

6603,48

IMPREVISTO (10%)

3301,739

**COSTO TOTAL****37395,126**

## COSTO OPERACIÓN

1869,75

## DESGLOSE DEL COSTO\*

RUBRO	MATERIALES	MANO OBRA	EQUIPO	COSTO
Hormigón Simple f c=210 kg/cm2	95,82	35,49	6,64	137,95
Acero de refuerzo 12 mm	0,92	0,12	0,03	1,07
Encofrados	6,5	3	0,21	9,71

## CONCLUSIONES

- 1 En base a las regulaciones, leyes, normas nacionales e internacionales que rigen para el tratamiento del agua, por ser un recurso no renovable, es necesario algún tipo de depuración para el agua de desecho de plantas procesadoras de especies acuáticas.
- 2 En base a los análisis de calidad de agua de la planta procesadora de tilapia se puede concluir que el mayor contaminante de la industria son las grasas y la sangre, siendo así que la relación  $DBO_5$  y DQO es mayor a 0.4 lo que nos indica que es una agua biodegradable, lo que permite el empleo de sistemas biológicos ya sean fangos activos o lechos bacterianos.
- 3 El bosquejo aquí presentado para el tratamiento de aguas de desecho que genera una planta procesadora de tilapia es una de las formas que se puede optar para la depuración y posterior evacuación del agua tratada a un medio natural.
- 4 El sistema propuesto para el tratamiento de agua de la industria se basa en rejillas, tamiz, desengrasador, decantación primaria, lecho bacteriano, digestión conjunta o separada, ya que estos son específicos para reducir

los porcentajes de DBO<sub>5</sub> y SST, basados en los estándares de calidad publicados en el Registro Oficial del 5 de junio de 1989, Artículo 25 de la República del Ecuador.

- 5 Dado las condiciones de la planta no presenta la ubicación óptima que permita mejorar la dirección de los olores ni la ampliación futura.
- 6 El diseño propuesto de procesos unitarios es utilizado por la empresa ecuatoriana Molinos del Ecuador obteniendo buenos resultados en el tratamiento de sus efluentes.

## RECOMENDACIONES

- 1 No se deben realizar limpiezas con cloro u otro tipo de desinfectante ya que mata la flora bacteriana que descompone la materia orgánica.
- 2 Antes de realizar la construcción de la planta de tratamiento se recomienda tomar en cuenta el nivel freático para que el sistema trabaje con pendiente y evitar el uso de bombas.
- 3 La Rejillas y cámara de grasas deberán tener un mantenimiento manual diario para evitar obstrucciones que perjudiquen la continuidad del proceso de depuración.
- 4 Se debe monitorear periódicamente el efluente de la planta de tratamiento con análisis de calidad de agua para que nos de una idea como esta trabajando el sistema en una frecuencia de una vez cada mes por un periodo de tres meses, además de un monitoreo periódico por cada 15 días de los niveles de contaminación según el diseño.

- 5 El sistema de tratamiento deberá construirse alejado de la planta de producción de tilapia o en sitio solitario para evitar la emisión de olores que pueden afectar al personal de la planta.
- 6 Se recomienda este diseño propuesto para plantas procesadoras de atún y camarón, debido a que la calidad del agua presenta similares características.
- 7 Para la ubicación de planta se recomienda tomar en cuenta dirección del viento para evitar problemas de contaminación en las plantas de producción. .

## ANEXOS

## ANEXO 1

### **INSTALACIÓN Y APLICACIÓN DE SOFTWARE EDARs**

La aplicación reside en 2 disquetes de 3,5 pulgadas denominados disco N° 1 y disco N° 2. Para poder ejecutarse, es necesario llevar a cabo la instalación de los disquetes en el disco duro del ordenador, donde resida Microsoft Windows.

Para la aplicación se deben seguir los siguientes pasos:

- Situarse en el directorio principal del PC. (C:/>).
- Introducir el disquete denominado disco N° 1 en la unidad 3,5 pulgadas.
- Cambiar a dicha unidad por defecto. Teclar A: y <Enter>.
- Teclar A:/>Instala y pulsar <Enter>.

A partir de este momento, seguir los pasos que se indiquen en la pantalla del PC.

El programa de instalación, una vez que haya terminado de copiar el primer



disquete, pedirá que se introduzca el segundo disquete denominado disco N° 2 y terminará de realizar la instalación.

Una vez que se indique en la pantalla el fin de la instalación, la próxima vez que se entre en Microsoft Windows, aparecerá un grupo de programa denominado **URALITA** y dentro de este grupo el icono de la aplicación **Diseño EDARs**.

## **MODELOS DE SELECCIÓN SEGÚN EL SOFTWARE EDARs**

### **Modelos de subtipos lechos bacterianos:**

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

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

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

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

**Modelo subtipos de fangos activados:**

Modelo fango activados L: Fangos activados convencional, con digestión separada.

Modelo fango activados M: Estabilización - contacto

Modelo fango activados N: oxidación prolongada.

**Sistemas naturales:**

Sistemas naturales modelo R: Filtro verde con tratamiento primario

Sistemas naturales modelo S: Filtro verde con tratamiento secundario

Sistemas naturales modelo T: Lechos de turba

Sistemas naturales modelo U: Filtros de arena para tratamientos terciarios

De los modelos anteriores que se ajustan a las necesidades de la planta procesadora de Tilapia podemos utilizar los modelos de lechos bacterianos K' e I', fangos activos modelos L, M, N y sistemas naturales modelos R, S, T, U.

El modelo I' de lechos bacterianos es el que mejor se adapta a las necesidades de la planta procesadora de tilapia de acuerdo a las características del efluente.

## ANEXO 2

### **CÁLCULOS EN SOFTWARE URALITA**

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

Caudal del diseño:	480 m <sup>3</sup> /d
Coefficiente de punta:	1.5
Coefficiente máximo:	2
DBO <sub>5</sub> de entrada:	407,5
Sólidos en suspensión totales:	8660
Sólidos en suspensión volátil:	5100

Los datos que se esperan obtener con la depuración son:

DBO <sub>5</sub> exigida a la salida:	100 mg/l
Sólidos en suspensión totales de salida	100 mg/l

Una vez que se ha introducido los datos obtenidos del efluente en el programa procedemos a seleccionar el tipo de modelo y depuradora concreta a dimensionar.

Según los datos ingresados podemos utilizar un sistema de lecho bacteriano, tamiz, decantación primaria, decantación secundaria, digestión conjunta o separada.

#### Canal de entrada:

El canal de entrada será único, se adaptará un aliviadero que permita un caudal máximo de  $960 \text{ m}^3/\text{d}$ , con una pendiente del canal será de  $0,5 \%$  de sección transversal con un ancho de  $0,30 \text{ m}$  con una velocidad del agua de  $1,00 \text{ m/s}$  y una altura de  $0,20 \text{ m}$ , esto supondrá un área de  $0,060 \text{ m}^2$  y un caudal de  $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Se usarán barras con prevención de entrada de materiales grandes, estas serán de  $9 \text{ mm}$  de ancho con una separación útil entre barras  $15 \text{ mm}$ , el ancho del canal en zona de rejillas es de  $471 \text{ mm}$ , el número de barras es de  $19$ , pérdida de carga asociado con este dispositivo es de  $120 \text{ mm}$ .

#### Tamizado

El tipo de tamiz a utilizar es estático lo cual habrá una separación libre entre barras  $1,5 \text{ mm}$  que tendrá una superficie útil de  $0,90 \text{ m}^2$  además tendrá limpieza manual y una separación libre entre barras  $3,00 \text{ cm}$ .

### Cámara de grasas y desarenador

Las características de este componente son:

Velocidad ascensional:	25 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h
Tiempo de retención a Q medio:	20 minutos
Tiempo de retención a Q punta:	10 minutos
Velocidad horizontal máxima:	72 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h
Superficie horizontal:	1.60 m <sup>2</sup>
Volumen:	6.67 m <sup>3</sup>

### Decantador primario

El tipo de decantador que existe es rectangular y circular.

	<b>Circular</b>	<b>Rectangular</b>
Superficie horizontal	26.67 m <sup>2</sup>	30.77 m <sup>2</sup>
Volumen decantador	80 m <sup>3</sup>	80 m <sup>3</sup>
Altura decantador	3 m	2.60 m

Tiempo de retención a Q medio	3.19 h	3.19 h
Tiempo de retención a Q máximo	1 h	1 h
Velocidad ascensional a Q medio	0.94 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h	0.82 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h
Velocidad ascensional a Q máximo	3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h	2.60 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h

### Lecho bacteriano

	<b>Con Plástico</b>	<b>Sin Plástico</b>
Recirculación	1:1	1:1
Caudal total de recirculación	480 m <sup>3</sup> /h	480 m <sup>3</sup> /h
Caudal a introducir en el lecho	960 m <sup>3</sup> /h	960 m <sup>3</sup> /h
Carga superficial	0.75 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h	0.1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h
Superficie horizontal unitaria	53.33 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
Volumen unitario necesario	204 m <sup>3</sup>	641.14 m <sup>3</sup>
Altura	3.83 m	1.60 m
Numero de unidades	1	1

Utilizamos para material de relleno: **plástico**

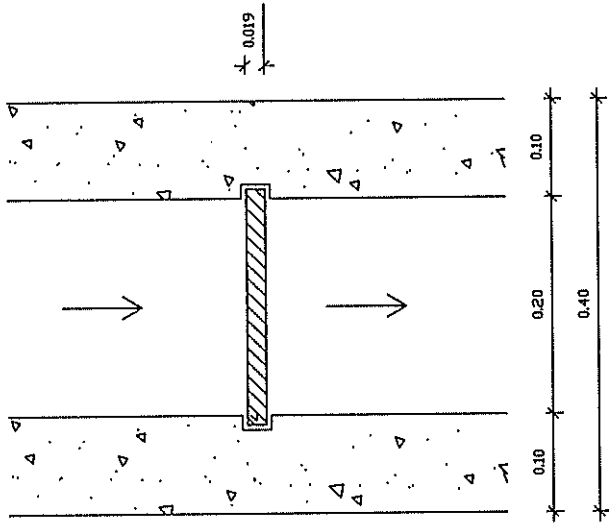
### Decantador secundario

Superficie horizontal unitaria	55 m <sup>2</sup>
Volumen decantación unitaria	120 m <sup>3</sup>
Altura Decantador	2.18 m
Numero de unidades	1
Tiempo de retención a Q media	3 m <sup>3</sup> /h
Tiempo de retención a Q máximo	1.50 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -h
Velocidad ascensional a Q media	0.73 h
Fangos en exceso	5.09 m <sup>3</sup> /h

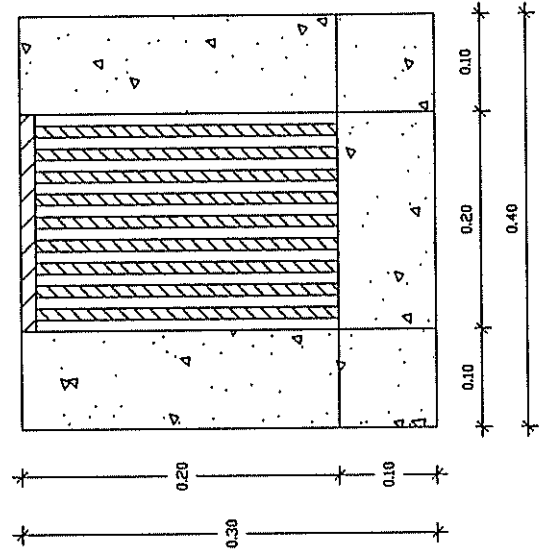
### Digestor

El tipo de digestor a usarse será templado que trabajara a una temperatura de 22 °C - 25 °C, el volumen de digestor es de 1270.23 m<sup>3</sup>.

# Diseño y Dimensiones de la trampa de grasa



PLANTA

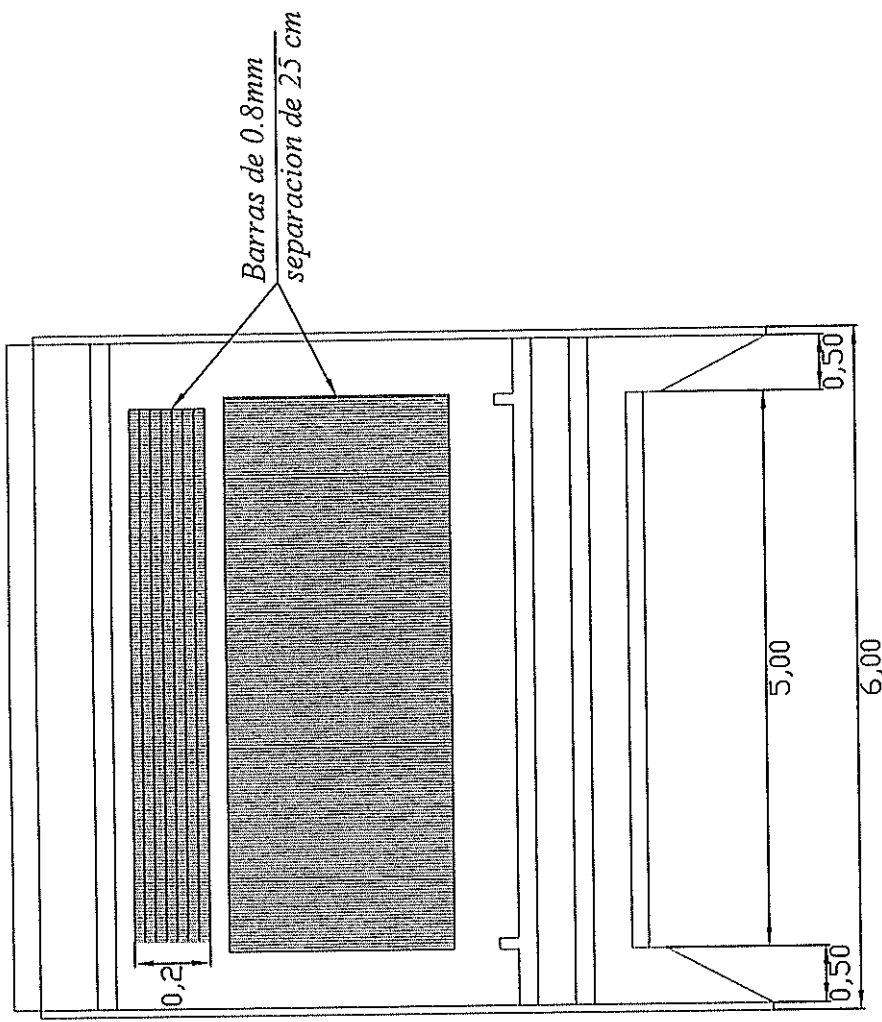
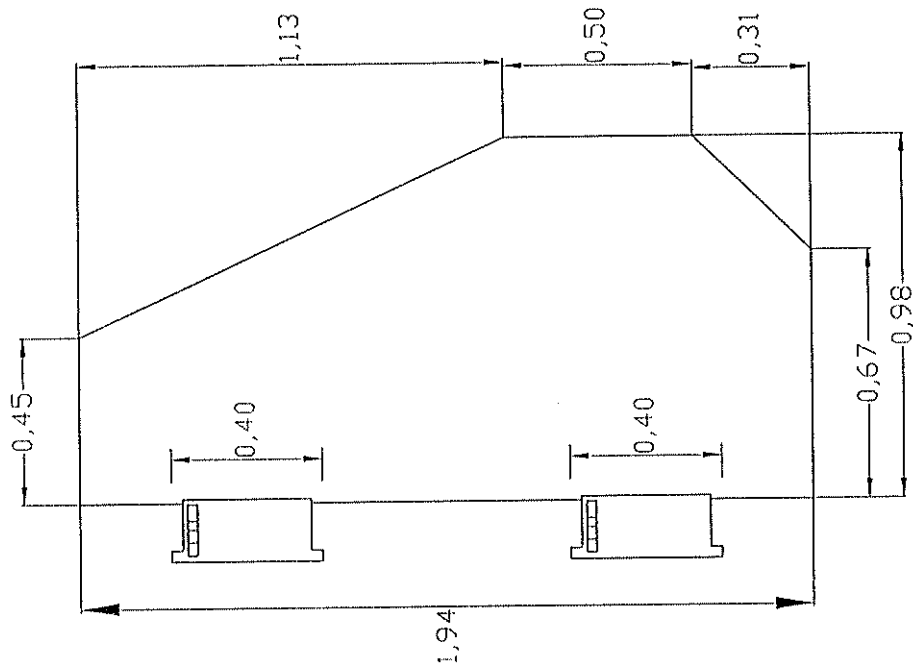


FRONTAL

Especialista		<b>PLANTA PILOTO</b>	
DISEÑO Y DIMENSIONES DE LA TRAMPA DE GRASA			
Cuentista		Escala 1:250	
Responsable Código Códigos Vector-Solano		L.A.M.S.T. 1	



# TAMICES ESTATICOS



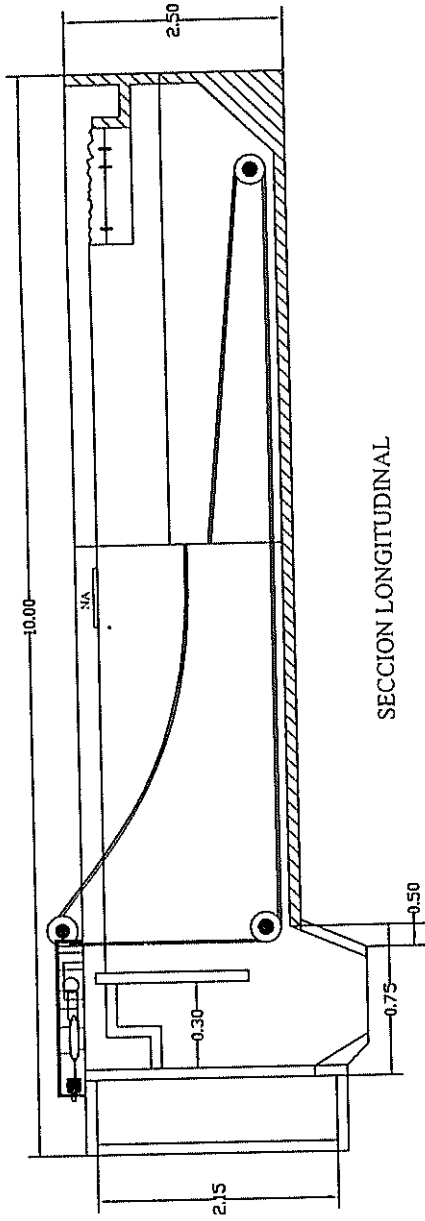
VISTA LONGITUDINAL

Empresa	<b>PLANTA PILOTO</b>		
Contiene	DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
Responsable	Escala	LÁMINA	
Carla Crespo	1:20		2
Néstor Solana			



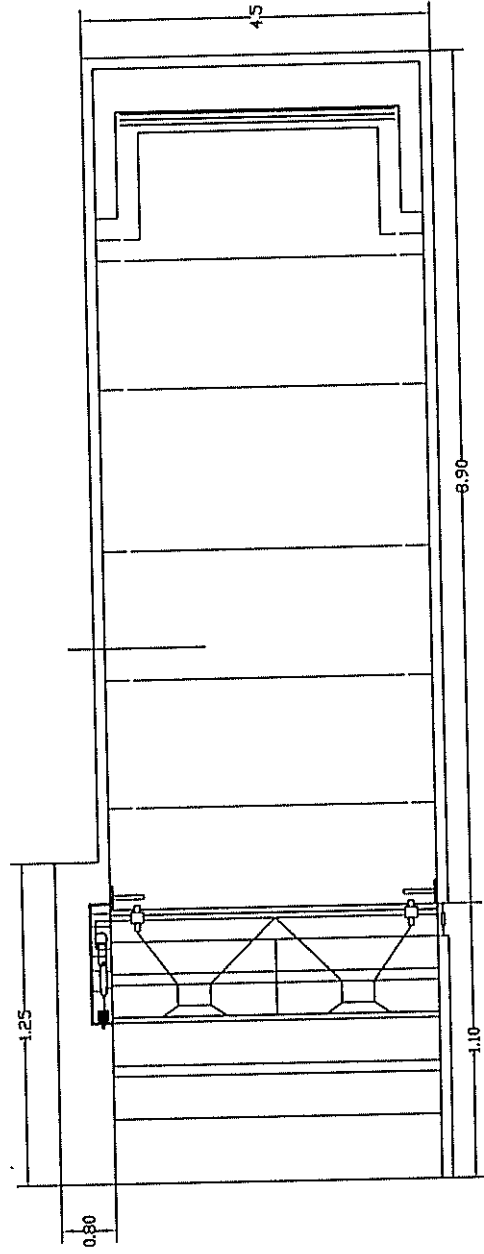
# ANEXO 6

## DECANTADOR PRIMARIO



SECCION LONGITUDINAL

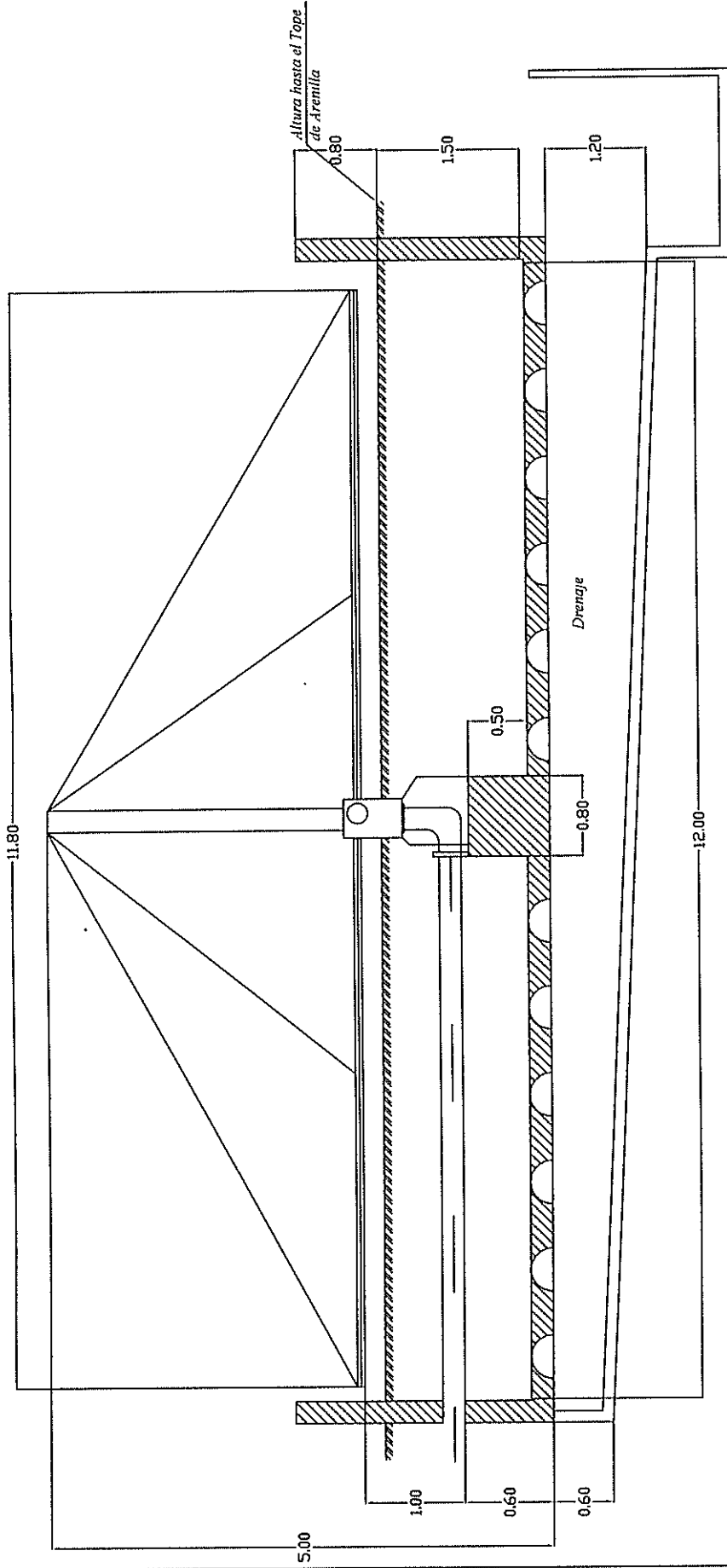
Longitud.....10m  
 Ancho.....4.5m  
 Altura.....2.5m  
 Altura de proteccion.....0.50m  
 Pendiente de fondo.....2%  
 Lamina H2O.....2m  
 Potencia de la Bomba CY 0.33



PLANTA

Empresa		<b>PLANTA PILOTO</b>	
Centro		DECANTADOR PRIMARIO	
Responsable	Escala	Lámina	4
Carla Crespo	1:50		
Nestor Solano			

# LECHO BACTERIANO



Empresa

## PLANTA PILOTO

Cuadro

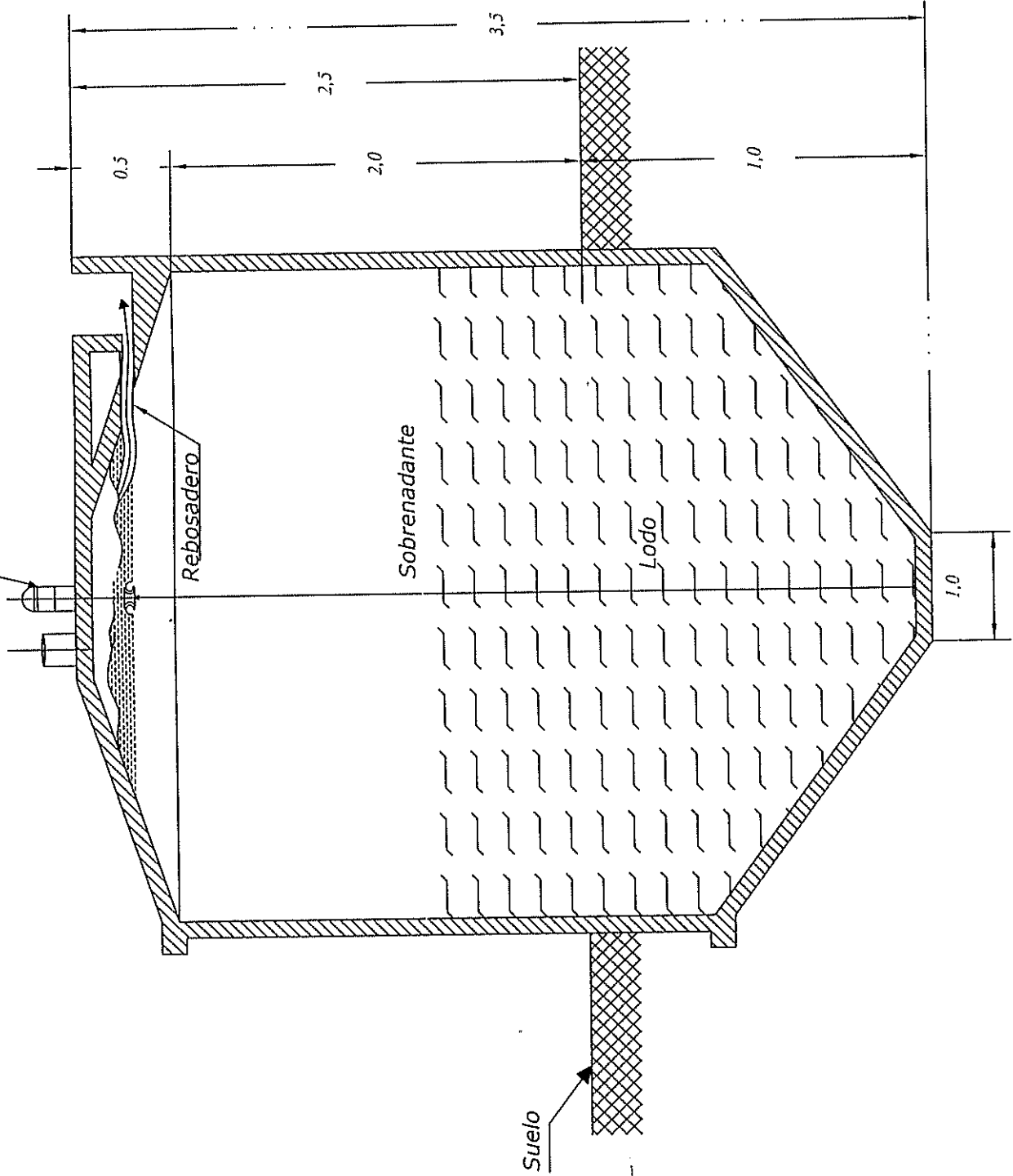
LECHO BACTERIANO

Responsable  
Cristóbal Crespo  
Nestor Sblimo

Escala  
1:50

LÁMINA  
5

# DIGESTOR

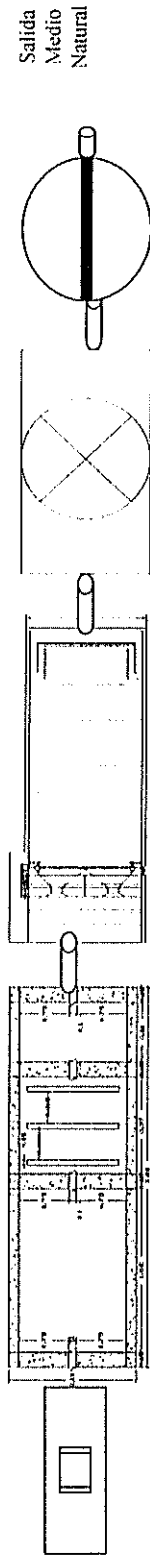


<b>PLANTA PILOTO</b>		
Escuela: <b>COMUNIDAD DE PLAN DE TRABAJO DE AGUAS RESIDUALES</b>		
Responsable: Carlos Crespo Vitor Solano	Escala: 1:33 (1)	Lámina: <b>6</b>

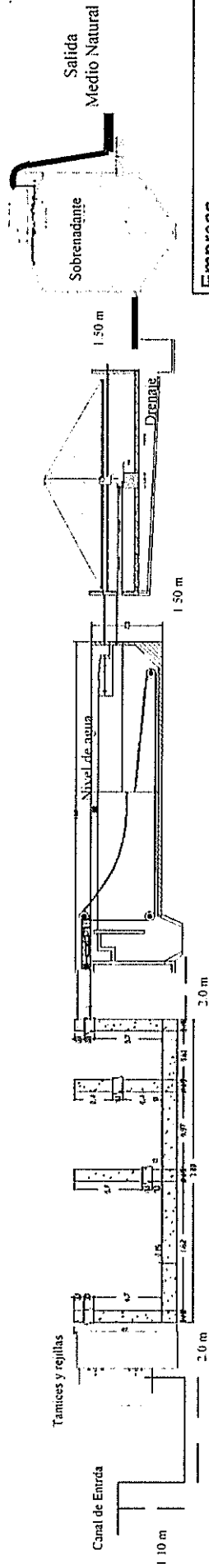
# ANEXO 9

## PLANTA PILOTO

# PLANTA



# SECCIÓN



Empresa

PLANTA PILOTO

Diseño de los componentes  
de planta de tratamiento

Responsables  
Nestor Solano  
Carla Crespo

LAMINA 7

## **BIBLIOGRAFIA**

1. **BARDACH JHON E., 1972.** "The farming and Husbandry of freshwater and marine organisms", Magazine Aquaculture, 142 -382 pp.
2. **BAYNE, B.L. 1978.** "Mussel watching". Nature, 275, 87-88 pp.
3. **BOYD C., 1997.** "Manejo del suelo y la calidad del agua en la Acuicultura de piscinas camaroneras". Asociación Americana de soya. Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Alabama, 29-39 pp.
4. **CASTILLO, CAMPOS LUIS F., 2000.** "La historia genética e hibridación de la tilapia roja". Castillo Ed. Imp. IDEAL. Colombia 235 pp.
5. **ECKSTEIN, B. AND M. SPIRA, 1965.** "Effect of sex hormones on the gonadal differentiation in e ciclhlid, tilapia aurea. Biol. Bull, 129: 482-489.
6. **FONDEPESCA 1998.** "Tilapia y su Cultivo. México". 20 pp.

7. **GERARD KIELY, 1999.** "Ingeniería ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión", Mc Graw Hill, Tomo uno, 11- 38 pp.
8. **GUERRERO, R. D., 1975.** "Use of androgens for the production of all male tilapia aurea (Steindachner)". Trans. Am. Fish. Soc., 104: 342-348.
9. **HEPHER BOLFOUR** "Cultivo de peces comerciales", Limusa Noriega editores 1998, 94 -105 pp.
10. **HEPPER BOLFOUR Y YOEL PRUGININ, 1985.** "Cultivo de peces comerciales basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel". Editorial Lumusa. México 1 D.F 316 pp.
11. **HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. HERNÁNDEZ LEHMAN, P. GALAN MARTÍNEZ., 1996.** "Manual de depuración" Uralita, Editorial Paraninfo Madrid, 71 -144, 265-280 pp.
12. **HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. AND HERNÁNDEZ LEHMAN, 1996.** "Programa de diseño y calculo de depuradoras, Saneamiento y depuración", Software.



13. **KEMMER FRANK N., AND McCALLION JHON, 1993.** “Manual de agua”, Mc Graw Hill, 40.1- 40.13 pp.
14. **LÓPEZ RICARDO CUALLA, 2003.** “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2ª. Edición, 75 – 77 pp.
15. **MARCILLO ECUADOR & LANDIVAR JERRY 2000,** Tecnología de producción de Alevines Monosexo de Tilapia, 22-24 pp.
16. **MARTINEZ ESPINOSA MANUEL, 1998.** “Primer Taller Regional sobre Acuicultura en Pequeños Embalses”.Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa, 84- 85 pp.
17. **METCALF & EDDY, 1996.** “Ingeniería de aguas residuales”, Mc Graw Hill, Tomo uno, 42 -102 pp.
18. **METCALF & EDDY, 1996.** “Ingeniería de aguas residuales”, Mc Graw Hill, Tomo dos, 507 – 600 pp.
19. **MORALES JULIO COLL, 1983.** “Acuicultura Marina Animal” Edición Mundi Prensa, 447-462 pp.

20. **MORALES A. D., 1991.** “La tilapia en México. Biología, cultivo y pesquería”. AGT editor México, D.F 190 pp.
21. **ORMAZA, F., 1996.** “Descripción química de afluentes y efluentes de aguas de fincas Camaroneras situadas en el área de Taura (Ecuador) durante una transición estacional.” Revista Acuicultura del Ecuador. Guayaquil, 15: 11-13.
22. **PHILLIPS, A. J. and D. A. SEGAR 1986.** “Use of bio-indicators in monitorining conservative contaminants” Journal of marine biological association, 17, 10-17 pp.
23. **PIÑA, L.C., 1993.** “Piscicultura”. Ministerio de Educación Nacional Universidad a Distancia, Facultad de Ciencias Agrarias. Santafé de Bogota D.C. 251 pp.
24. **POPMA, T.J and W.B. GREEN, 1990.** “Sex reversal of tilapia in earthen ponds”. Aquaculture Production Manual. Lowell T. Frobis, Director. Auburn University, Alabama. Research and Development Serie 35. 15 pp.

25. **RAYMOND D LETHERMAN, 1980.** "Fish Farming Handbook." Avi publishing Company. Inc.174-186 pp.
  
26. **REPÚBLICA DEL ECUADOR. Registro Oficial # 204,** 5 de Junio de 1989. "Reglamento de la prevención y control de la contaminación ambiental en lo relativo al recurso agua".
  
27. **VALENCIA JORGE ARBOLEDA, 2000.** "Teoría y practica de la purificación del agua", Mc Graw Hill, Tomo uno, pp. 228 – 280.