



**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**

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

**“ Tratamiento de aguas residuales del efluente de una
fábrica de alimento balanceado para camarones mediante el
diseño de procesos unitarios.”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO ACUICULTOR

Presentada por:

**Carlos Alberto Prado Garcés
Kleber Enrique Orozco Patiño
Edward Giovanni Gualpa Yambay**

**Guayaquil – Ecuador
1999**

AGRADECIMIENTO

En forma muy especial al Msc. Jerry Landivar quien nos brindó todas las facilidades y su **dedicación para la culminación** de esta tesis.

Al Doctor Hector Bastidas S. Gerente de **Ventas**, y al Ingeniero Carlos Del Pozo Gerente Operaciones de Molinos Champion S.A., al personal **técnico del laboratorio de MOCHASA.**, y a todas las personas vinculadas de una u otra forma en el desarrollo y **realización** de esta tesis.



DEDICATORIA

A MIS PADRES, A MIS HERMANOS,

A SONNIA Y A MIS HIJOS.

Carlos Prado **Garcés**

A MIS QUERIDOS PADRES, A MIS

HERMANAS,

Edward Guallpa **Yambay**

A MIS PADRES, A MIS HERMANOS,

Kleber Orozco **Patiño**

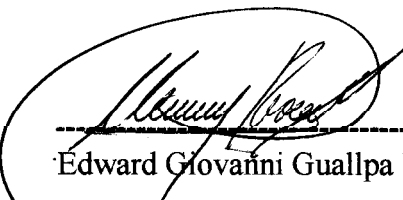
DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos, ideas, y doctrinas expuestas en esta tesis, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

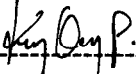
(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)



Carlos Alberto Prado Garcés

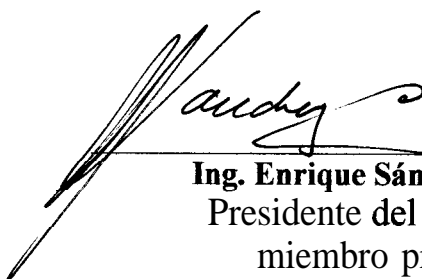


Edward Giovanni Guallpa Yambay

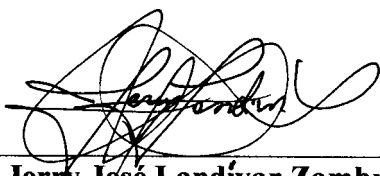


Kleber Enrique Orozco Patiño

TRIBUNAL DE GRADO ORAL Y ESCRITO



Ing. Enrique Sánchez Cuadros
Presidente del Tribunal y
miembro principal



M.Sc Jerry José Landívar Zambrano
Director de Tesis



Ing Jorge Espinoza Amaguaña
Miembro Principal

RESUMEN

La contaminación es la **antesala** a la **polución** de los ecosistemas, por lo **tanto para** que **exista** un desarrollo sostenible de la industria, es necesario **tomar** medidas de **prevención para** disminuir su **impacto**.

La industria camaronera **está** encaminada por la corriente de cultivos semi-intensivos, esto ha logrado que el **alimento** suplementario pase a ser un **renglón** importante en esta actividad. Como consecuencia de esto se estima que las **plantas** de balanceados **estarían** fabricando **casi** el doble de la **producción** total de camarones en el **país**.

El principal **contaminante** de esta industria es la grasa (material flotante), la **cual** debe **estar** ausente **según** las **normas** de descarga de aguas industriales.

El **diseño** **esta** realizado en **función** de la eficiencia de **los procesos** y de la alternativa de una **planta** de tratamiento de bajo **costo**.

Para llegar a la **selección del diseño** se tomaron algunas alternativas que al final nos hizo elegir **el** tratamiento por medio de Pozo **séptico** mediante zanja filtrante, se **hace** una **descripción del** dimensionamiento, en base a la **caracterización** realizada del efluente.

El presente trabajo desarrolla un **diseño** mediante **procesos** unitarios capaz de **reducir** los **componentes contaminantes** del efluente de la industria de **alimento balanceado** para camarones.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN-----	VI
ÍNDICE GENERAL-----	VIII
INDICE DE FIGURAS-----	XII
INDICE DE TABLAS-----	XIII
INTRODUCCION-----	XIV
 I.- GENERALIDADES	
1.1 Importancia de la industria de alimento balanceado para camarones en el Ecuador-----	3
1.1.1 Ingredientes utilizados en la elaboración de piensos para camarones-----	4
1.1.2 Tipo de alimento para camarones-----	5
1.2 Breve descripción de las instalaciones de una planta de alimento balanceado para camarones-----	6
1.2.1 Laboratorio de control calidad-----	7
1.2.2 Bodega de macroingredientes-----	8
1.2.3 Bodega de microingredientes-----	9
1.2.4 Almacén de silos-----	9
1.2.5 Bodega de líquidos-----	9
1.2.6 Planta de proceso-----	10

1.2.7	Bodega de producto terminado -----	10
1.3 Descripción de los procesos para la elaboración de alimento		
	balanceado para camarones -----	11
1.3.1	Recepción de materia prima y control de calidad-----	11
1.3.2	Molienda de materia prima -----	11
1.3.3	Mezclado y adición de micronutrientes-----	12
1.3.4	Pelletizado de pienso -----	13
1.3.5	Secado de pellet-----	14
1.3.6	Bañadaceitdpescado-----	14
1.3.7	Empaque -----	14
1.4 Balance hidrico del proceso de fabricación de alimentos		
	balanceados para camarones -----	15
1.4.1	Principales desperdicios producidos durante el proceso de elaboración. -----	15
1.4.1.1	Sólidos en suspensión -----	16
1.4.1.2	Grasas y aceites -----	16
1.4.1.	Otrasustancias.-----	17
1.4.2	Recoleccion de aguas domesticas y lluvias-----	17
1.4.3	Recoleccion de aguas industriales-----	17

3.4 Análisis económico del proyecto	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFIA	66

II.- DESCRIPCION DE PROCESOS UNITARIOS

2.1 Caracterización del agua residual de la industria de fabricación de alimento balanceado para camarones.-----	18
2.2 Criterios de diseño de procesos -----	22
2.3 Descripción y diagrama de flujo de los procesos unitarios utilizados para el tratamiento de los efluentes de las plantas de alimento balanceado para camarones .-----	26
2.3.1 Desengrasador -----	28
2.3.2 Sedimentador -----	30
2.3.3 Piscina de estabilización aeróbica -----	31
2.3.4 Piscina anaeróbica -----	32
2.4 Consideraciones del diseño -----	33

III.- EVALUACION Y RESULTADOS

3.1 Cálculo de Ingeniería y diseño de los procesos unitarios utilizados para el tratamiento -----	37
3.1.1 Medición de caudal del efluente del proceso-----	54
3.1.2 Medición de caudal del efluente de la fábrica-----	55
3.2 Datos y resultados -----	56
3.3 Evaluación de la eficiencia del diseño -----	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 1. Diagrama de flujo de las instalaciones y proceso de una planta de alimento balanceado para camarones-----	6
FIGURA 2. Ubicación de los sitios de muestreos (toma de muestra)-----	21
FIGURA 3. Diagrama de flujo de procesos unitarios-----	27
FIGURA 4. Diseño y dimensiones de la trampa de grasa-----	40
FIGURA 5. Diseño y dimensiones de la cámara de gasa-----	44
FIGURA 6. Diseño y dimensiones de la fosa séptica-----	48
FIGURA 7. Diseño y dimensiones de zanjas filtrantes-----	52
FIGURA 8. Diseño y dimensiones del sistemas de las zanjas filtrantes-----	53
FIGURA 9. Curva de caudal del efluente de proceso-----	55
FIGURA 10. Integración de los procesos unitarios -----	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. Caracterización de la descarga de agua según ley ecuatoriana-----	18
TABLA 2. Caracterización de las aguas blancas-----	19
TABLA 3. Caracterización de agua residual de la fabricación de alimento balanceado para camarones en tres puntos.-----	22
TABLA 4. Evaluación de alternativas de diseño de fosa sépticas -----	25
TABLA 5. Carga hidráulica de zanjas filtrantes-----	49
TABLA 6. Tasa de infiltración y de aplicación en función al tipo de terreno.----	50
TABLA 7. Dimension y separación mínima requerida para las zanjas filtrantes .-----	50
TABLA 8. Característica de zanjas filtrantes con fosa séptica.-----	51
TABLA 9. Medición de caudal del efluente de proceso. -----	54
TABLA 10. Caudal del efluente de la fábrica. -----	55
TABLA 11. Datos de parámetros de salida y requerimientos después del Tratamiento .-----	56
TABLA 12. Resultados de diseño de la cámara de grasa-----	57
TABLA 13. Resultados de diseño del pozo séptico-----	57
TABLA 14. Resultados de diseño de las zanjas filtrantes -----	58
TABLA 15. Eficiencia del diseño -----	60
TABLA 16. Costo de construcción de los procesos unitarios-----	61

INTRODUCCIÓN

Las empresas necesitan resolver su problemática de efluentes **líquidos para** cumplir las normativas **legales** vigentes **tanto** nacionales **como** extranjeras. Actualmente los alimentos balanceados **para** camarones ocupan un alto rubro de **los costos totales para** la **producción** camaronera, esto es aproximadamente **el 22%** (Luis Calvo 1998).

Se presume que las **plantas** de balanceado **producen casi** el doble de la **producción** de camarones, esto **hace** que se genere una **contaminación** de los efluentes de **cada planta** de balanceados, ya que la **mayoría** no procesan sus aguas antes de su descarga, es por esto que la **mayoría** de **estas** empresas tienen olores fuerte que **están** contaminando el ambiente.

Se conoce que existe la **presión** de las comunidades y de las autoridades **para** que las **normas** de desecho de estas y otras industrias **sean más severas**. Como ejemplo, en el canton Guayaquil esta por decretarse algunas ordenanzas municipales que tienen que ver con las descargas de aguas industriales.

Actualmente la industria camaronera esta **haciendo** consciencia de que esta actividad debe perseguir un desarrollo sostenible, y **para** lograr este objetivo se debe **tomar** acciones que conlleven a conseguir dicho **propósito** a **mediano** plazo.

El principal problema de la contaminación de esta industria es por grasas y aceites, ya que la norma según la DIGMER y el MIDUVI (antes IEOS) en su reglamento de Prevención y Control de la Contaminación del recurso agua, exige a las industrias que sus efluentes deben de cumplir rangos permisibles de parámetros físicos-químicos y microbiológicos previos a ser evacuados y dentro de estos está la ausencia de grasas y aceites.

En el proceso de depuración de aguas residuales se busca conseguir resultados efectivos a un costo razonable.

Nuestro diseño luego de caracterizar y analizar alternativas considera la implementación de una planta depuradora de bajo costo, contando para esto con los siguientes procesos unitarios:

- Cámara de grasa, estructura cuya función es retener las grasas y aceites.
- Pozo séptico, tiene la función de sedimentador y floculador, su acción es anaeróbica y aeróbica.
- Zanja filtrante, acción aeróbica por filtro biológico.

De esta manera se pretende reducir los contaminantes a niveles permitidos por los reglamentos de la DIGMER y MIDUVI.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1.- Importancia de la industria de alimento balanceado para camarones en el Ecuador

La industria de alimentos balanceados para camarones nació en vista de la necesidad del sector camaronero de contar con fuentes alimenticias adicionales a los presentes en forma natural en los estanques de cultivo; esta necesidad se fue incrementando a medida que los sistemas de cultivo se intensificaron.

Actualmente en el Ecuador existen aproximadamente 178.000 hectareas de cultivo (Vivar Ma. Luisa, 1998), y casi el 90% utilizan alimento suplementario en su cultivo.

Las exportaciones de camarón en el año 1998 fueron de aproximadamente 107.232 TM (De Menendez, 1998), la conversion alimenticia promedio es de 1.5: 1 (Ma. Luisa Vivar, 1998), se estima que el consumo promedio de alimento por año para camaron es de 160.848 TM , el mismo que es elaborado por más de 15 fábricas de balanceado en el país, siendo las más conocidas, ABA, ALIBAEC, ALIMENTSA, BALANFARINA, BALROSARIO, CHAMPION, DAVIPA, DIAMASA, FORTAVIT, INPROSA, LIRIS, MILCOX, NUTRIL, PROPELLET, VIGOR.

1.1.1.- Ingredientes utilizados en la elaboración de piensos para camarones

Entre los ingredientes más utilizados en la preparación de las dietas de alimento balanceado para camarón están:

Como macroingredientes	Rango.
* Harina de pescado	10 a 50%
* Pasta de soya	10 a 26%
* Polvillo de arroz	8 a 12%
* Semisemita	8 a 10%
* Banaharina	6%
* Harina de trigo	10 a 15%
* Melaza	1%
* Aceite de pescado	2 a 4%
* Caliza	1 a 2%
* Arrocillo	4 a 8%
Como microingredientes	Rango.
* Colina	0,05%
* Lisina	0,30%
* Metionina	0,30%
* Vitaminas	0,05%
* Minerales	0,05%

* Aglutinantes	0,40%
* Antioxidantes	0,02%
* Antifúngicos	0,08%
* Fosfatos	2,0%

1.1.2.- Tipos de alimentos para camarones

Los requerimientos nutricionales de los camarones **varían** de acuerdo a sus diferentes estadios, por esta **razón** el mercado ofrece diferentes tipos de **alimento** en **cuanto a tamaño** y porcentaje de proteína.

Los **tamaños** que ofrece el mercado son:

Polvo, 0. 300 a 0.500 mm **para** post-larvas

Granulado, de 0.6 a 1. 5 mm **para** juveniles

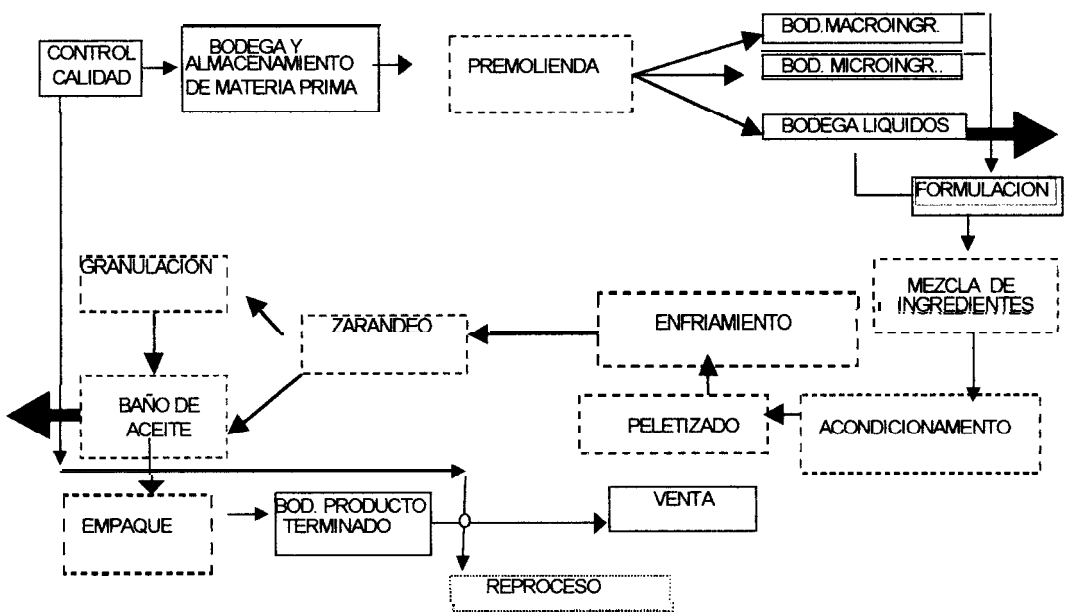
Pelletizado, 1.8 a 2.2 mm **para** juveniles a **adulto**

Los porcentajes de **proteína** que dispone el mercado son: 45, 40, 38, 35, 33, 30, 28, 27, 25, 22 y 16 entre los **más usados**.

1.2.- Breve descripción de las instalaciones de una planta de alimento balanceado para camarones.

La mayoría de las plantas de alimento balanceado tienen el mismo patrón de instalaciones que les permite realizar sus tareas y controles de manera eficiente (Ver figura 1).

FIGURA 1. Diagrama de flujo de las instalaciones y proceso de una planta de alimento balanceado para camarones.



Donde:

- Proceso de fabricación (alimento balanceado)
- Departamentos inmerso en producción
- ➔ Salida de contaminante (Grasa y aceite)

1.2.1.- Laboratorio de control de calidad

Este laboratorio funciona **para** asegurar que la calidad en la materia prima y en el **producto** final **estén** garantizadas. La **mayoría** de las **plantas** tienen su laboratorio de bromatología, y **microbiología**.

En **el** laboratorio de bromatología se realizan rutinariamente **los análisis** de proteína, humedad, ceniza, sales, **fibra**, grasa, calcio, fosforo, **grado** Brix, estabilidad de pellet.

En el laboratorio de **Microbiología** se **realizan** los siguientes análisis:

- * Contaje de aerobios mesofilos (35 a 37 °C)
- * Contaje de Hongo y Levaduras
- * Contaje de Coliformes, **Identificación** de Salmonella, Shigella
- * **Detección** de aflatoxinas (Kit)
- * **Detección** de **microorganismos** (ácaros)

1.2.2.- Bodega de macroingredientes

Este lugar sirve **para** ubicar los ingredientes que son utilizados en mayor cantidad en la **elaboración** de la **dieta**; este lugar debe ser ventilado, **seco**, y fresco.

Los diferentes productos se **guardan** en sacos que son apilados en pallets de 25 sacos de 4 pisos.

Aqui los sacos son ubicados en **orden** de llegada, por **producto** y por los resultados de control de calidad (Proteína, humedad, fibra, etc.)

Los productos que se **guardan** aqui son:

- * Harina de Pescado
- * Harina de Trigo
- * Polvillo de arroz
- * Pasta de soya
- * Afrechillo (Trigo)
- * Semisemita (Derv. Trigo)
- * Afrecho de **malta**
- ***Caliza**

1.2.3.- Bodega de microingredientes

Esta bodega es refrigerada, tiene temperatura de alrededor de 25°C, aquí se almacenan las vitaminas, minerales, premezclas, fosfatos, etc.

1.2.4.- Almacenaje en silos

Existen otros productos como granos que necesitan ser almacenados en silos, tal es el caso del trigo y la soya.

Las condiciones de almacenamiento deben ser óptimas, porque al existir una contaminación por hongos puede ocasionar que se contamine todo el producto, como prevención se realiza fumigaciones periódicas con productos antifúngicos, insecticidas, etc.

1.2.5.- Bodega de líquidos

Son tanques en los que se guardan los líquidos que se usan en las dietas; estos son: aceite de pescado, melaza, agua, etc. Cabe anotar que en estos tanques existen calderos que son los encargados de mantener baja la viscosidad de productos como el aceite de pescado y melaza.

La melaza se mantiene una temperatura no menor de 40 °C y para el mantenimiento del aceite de pescado no debe ser mayor a 40 °C.

1.2.6.- Planta de proceso

Aqui es donde se realiza el proceso para la elaboración del alimento para camarón, en este lugar se hace la homogenización de los ingredientes para obtener las formulas deseadas, acompañadas por un proceso complejo para dar al pellet todos los requisitos para que soporte las diferentes condiciones externas del ambiente acuicola.

1.2.7.- Bodega de producto terminado

Este es el lugar donde se almacena el producto terminado, aqui se realizan los controles de calidad previos al despacho. Los sacos son colocados sobre pallets y son dispuestos en rums de 25 sacos.

Para un mejor almacenaje se colocan 4 pallets por cada hilera de producto. El area de la bodega está dimensionada de acuerdo a la producción y al factor de estiba.

1.3.- Descripción de los procesos para la elaboración de alimento balanceado para camarones.

Para una mejor comprensión de la elaboración de alimento balanceado para camarones es necesario hacer una descripción de los puntos claves que involucra el proceso. Aunque en muchas fábricas la metodología es similar, coinciden en los mismos puntos.

1.3.1.- Recepción de materia prima y control de calidad

Antes de la compra de materia prima se procede a la inspección de control de calidad que consiste en el cumplimiento de una serie de parámetros para cada ingrediente, así tenemos que los ingredientes deben aprobar algunos estándares de calidad.

1.3.2.- Molienda de materia prima

Algunos ingredientes requieren ser molidos, entre ellos tenemos:

* Pasta de soya

* Polvillo de arroz

* Derivados del trigo, etc.

La molienda se la hace a 2, 4 y 5 mm, posteriormente pasan a un homogenizador; algunas fábricas tienen un segundo molino, en este se

pulveriza todos los ingredientes a un promedio de 121 micras.

1.3.3.- Mezclado y adición de micronutrientes

Cuando se juntan todos los ingredientes que lleva una formula en particular se **procede** al mezclado las mezcladoras pueden ser **verticales** u horizontales, el tiempo ideal de mezcla por cada 1000 Kg es de 5 minutos. Aqui se mezclan los macroingredientes, que son los que van en mayor cantidad y los microingredientes tales como premezclas vitaminicas, antifungicos, antioxidantes, **antibióticos**, aglutinantes, etc.

Algunas fábricas ponen el agua en el proceso de mezcla y esta va de acuerdo con el porcentaje final de humedad que se quiera dar al alimento, y tambien **está** en **función** con el porcentaje promedio de humedad de los ingredientes de la formula, **así**, si el promedio de los ingredientes tiene 9% de humedad y se requiere llegar al 13 %, entonces se debe adicionar el 4% de agua.

Se utiliza el método de Coeficiente de Variación Estándar para analizar sí la mezcla ha sido homogenizada correctamente. **Para** ello se utiliza como indicador la **distribución** de cloruro en las mezclas ya que todas las formulas contienen sal. Si el Coeficiente es mayor a 10%, quiere

decir que la homogenización fue mala y se debe dar un mayor número de tiempo en el homogeneizado.

1.3.4.- Pelletizado de pienso

El pelletizado es el proceso mediante el cual se somete a la mezcla a un conjunto de condiciones de vapor de agua, temperatura y presión para finalmente darle la forma del pellet mediante troqueles de alta velocidad. Los parámetros que se deben mantener en este proceso son:

- * Presión de 20 PSI (vapor saturado de agua)
- * Temperatura de 90°C a 100°C
- * Humedad de 15 a 18%
- * Caudal de 114 lb/min.

Aquí el pienso se somete a altas temperaturas para su cocción y para eliminar parte de la carga bacteriana.

Los datos que dan el diámetro a los pellets son de 2,2 2,5 y 3,2 mm; generalmente las pelletizadoras tienen motores de 125 HP y trabajan a 800 rpm, la fricción producida por estos aumenta la temperatura entre 10 y 15 °C y además produce una pérdida de hasta el 11% de humedad.

En este proceso **los pellets formados** van siendo cortados por una cuchilla, la **cual** se ajusta dependiendo el largo **del pellet**.

1.3.5.- Secado de pellets

Cuando **los pellets salen** de la pelletizadora todavía se encuentran **húmedos** y calientes, el proceso de secado o enfriado **consiste** en bajar la temperatura **del pellet** a por lo menos 2°C sobre la temperatura **del ambiente**, **para lo cual** pasa por una **banda** sin fin **dotada** de un sistema de extracción de **aire**, de esta **manera** se evita **el rompimiento del pellet**.

1.3.6.- Baño de aceite de pescado

Este ingrediente es parte **del** attractante de la formula y **además** es el que le da el acabado al pellet; la mayoría de **los piensos para camarón** llevan un **baño** de aceite **del** 2% al 4%. Este se agrega mediante un sistema **mixto** atomizador de **aire** y aceite que consta de un cilindro giratorio **el cual** adiciona aceite de pescado al **producto** pelletizado.

1.3.7.- Empaque

El empaque es **el** proceso final, aquí se pesa **el producto** y se embala en

sacos de polipropileno de 40 Kg. El empaque **consiste** en un sistema automatizado de balanza electronica digital de exactitud, pesa en 40Kg y su velocidad es de 12 sacos/minutos, **todo** el sistema se maneja por medio de una **banda** transportadora y son estibados en pallets de 25 sacos.

1.4.- Balance hidrico del proceso de fabricación de alimentos balanceados para camarones

En el proceso de **elaboración** de **alimento** balanceados se utiliza vapor de **agua** en **algunas plantas** y en otras **agua**. Cabe anotar que la cantidad de **agua** que se utiliza en el proceso es muy **poca**.

Se tiene **como** datos proporcionados por Molinos Champion S.A que esta industria utiliza un **caudal** de 9 a 15 metros **cúbicos** por dia de **producción**.

1.4.1.- Principales desperdicios producidos durante el proceso de elaboracibn.

Entre los **principales** desperdicios **están** los residuos de **ingredientes**, aceites y **grasa**, y otras sustancias.

1.4.1.1.- Sólidos en suspensión

Se desperdician **como sólidos** en suspensión ingredientes de la materia prima, que **están** en forma de polvo y que luego van a las alcantarillas cuando se realiza la limpieza. Por lo **tanto** el efluente se genera **como** resultado de limpieza de **canales** de drenaje y **del lavado** con vapor de agua de **los recipientes** de **recepción** de materias **primas líquidas** ubicados en el área de tanques de almacenamiento.

1.4.1.2.- Grasas y aceites

Este es **el** principal contaminante de esta industria ya que es uno de **los** ingredientes que se utiliza en la **fabricación**. El **agua** contaminada forma una película de grasa en la superficie que impide el normal desarrollo de **los procesos** de **degradación** aeróbica.

La cantidad de **grasas** y aceites que pasan a contaminar **los** efluentes en el **proceso** de **fabricación** de **alimento** balanceado **para camarón** se ha estimado en un **0,0235%** del peso total de **alimento** fabricado, (Datos proporcionado por Molinos Champion S.A).

1.4.1.3.- Otras sustancias.

Entre las otras sustancias, **existen** desperdicios de combustibles como gasolina, diesel, aditivos que se usan en los calderos, **productos** quimicos como **ácidos** que se usan en los **análisis** del laboratorio de bromatología.

1.4.2.- Recolección de aguas domesticas y lluvias

Las descargas residuales domesticas se **generan** en los diferentes servicios sanitarios (Lavabos, servicios higienicos y **baños**). Este tipo de agua es recolectado en tuberias que lo llevan a un drenaje comun.

1.4.3.- Recoleccidn de aguas industriales

Como se manifesto anteriormente esta industria utiliza **poca** agua y su desperdicio en el **proceso** es bajo. Sin embargo el uso de **melaza**, grasas y aceites aportan con fuertes **contaminantes** de los efluentes de esta industria.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE PROCESOS UNITARIOS.

2.1.- Caracterización del agua residual de la industria de fabricación de alimento balanceado para camarones.

Según el registro oficial número 294, Capítulo II de las Normas de Descarga, en el Artículo 43 (5 de Junio de 1989) y de las Normas de la Dirección General de la Marina Mercante (DIGMER) dice “Toda descarga a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas”:

TABLA 1. Caracterización de la descarga de aguas según ley Ecuatoriana (Registro Oficial # 204 Junio 1989)

PARAMETRO	UNIDAD	MAXIMO PERMISIBLE
Potencial de hidrógeno	pH	5 - 9
Temperatura	°C	< 35
Grasa y Aceite	mg/l	Ausencia
Material flotante		Ausencia
Sólidos suspendidos domésticos o industriales	mg/l	Remoción > 80% en carga
Sólidos disuelto	mg/l	1000 a 1500
Sólido Totales	mg/l	2000 a 2500
DBO desechos doméstico e industriales	mg/l	Remoción > 80% en carga

Dentro de la caracterización del agua residual de la industria de fabricación de alimento balanceado tenemos los siguientes tipos de agua:

-Aguas blancas

Estas se **originan** principalmente por aguas de **origen** pluvial estas **generan** grandes aportaciones de caudales. Tal es el **caso**, que las aguas de drenaje están afectadas por la **contaminación** de las redes de alcantarillado.

Componentes que afectan a las aguas blancas:

- **Contaminación atmosférica.**

- . Restos de actividad **humana**.

- **Residuos de aceite, grasas, hidrocarburos, compuestos fenolítico y de plomo.**

- . Arena y residuos vegetales y **herbicidas**, abonos

- **Contaminación por fugas de alcantarillado.**

La **caracterización** de las aguas blancas esta reflejada en la siguiente tabla.

TABLA 2. Caracterización de las aguas blancas (Uralita 1995).

Características	Contaminación (mg/l)
DBO₅	25
DBQ	65
SS	230
SSv	40
N (NH₃)	0,2
N (NO₂)...	0,05
N Orgánico	1,4
PO₄ Total	1,15
PO Soluble	0,46

-Aguas negras

En este tipo de aguas se encuentran presentes variados tipo de **contaminantes** como: microorganismos, urea, **albúmina**, proteínas, **ácidos acéticos y láctico**; aceites

animales, vegetales y minerales; hidrocarburos; gases: **Sulfhídrico**, metano, etc.
Sales: **bicarbonatos**, sulfatos, nitritos, nitratos, etc.

Para determinar el **grado de contaminación** presente en los efluentes de aguas residuales de la **fabricación de alimento balanceado para** camarones, se hicieron tres **tomas** en una **planta modelo** (Molinos Champion S.A; ver figura 2).

Punto 1. – Canal recolector de agua lluvia y drenaje de laboratorio de control de calidad.

Punto 2. - **Salida del** efluente de la bodega de **líquidos y proceso**.

Punto 3. - **Salida del** efluente de la **planta**.

En la figura 2 se puede observar los sitios de muestreos para la **caracterización** de agua.

FIGURA 2. Ubicación de los sitios de muestreos (toma de muestra).

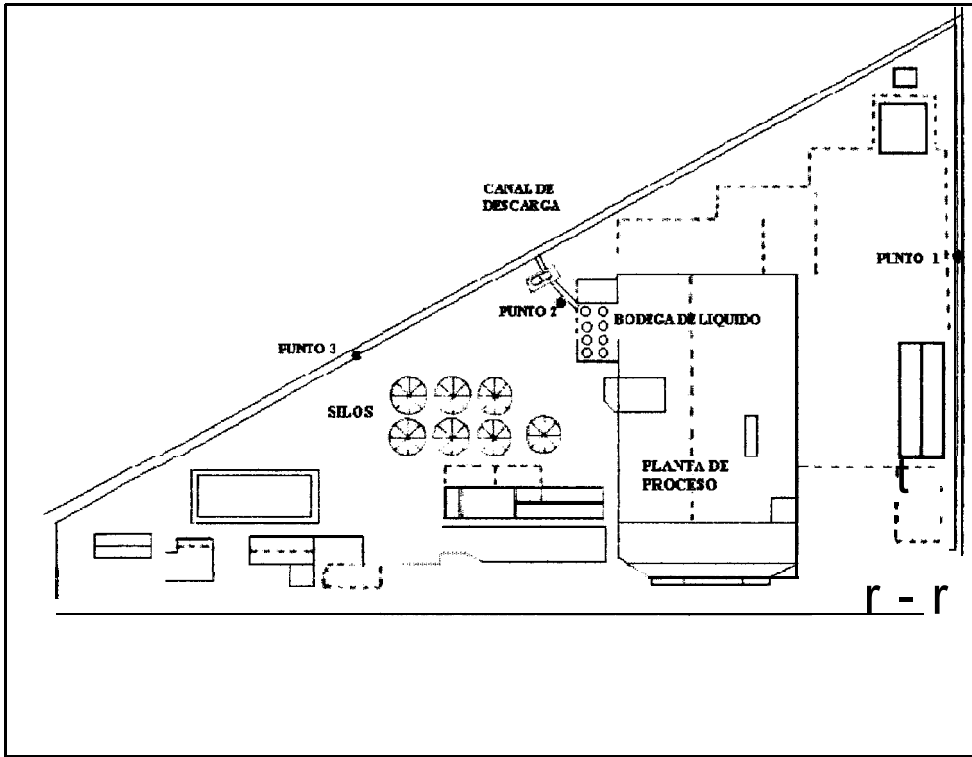


TABLA 3. Caracterización de agua residual de la fabricación de alimento balanceado para camarones en tres puntos diferentes.

PARAMETROS	PUNTOS (Concentraciones)			Rango. Permissible de Descarga *
	1	2	3	
Temperatura (°C)	28	32	28	< 35
pH	6.8	4.75	6.75	6 a 9
Amonio Total (mg/l)	1.0	0.4	0.8	No hay dato
Amomaco (mg/l)	0.007	0.0028	0.0056	No hay dato
NH4+ (mg/l)	0.993	0.3972	0.2944	No hay dato
NO2 (mg/l)	0.09	0.23	0.14	No hay dato
NO3 (mg/l)	2.2	8.2	4.4	No hay dato
Fósforo (mg/l)	0.2	2.0	0.2	No hay dato
Oxigeno (mg/l)	2.2	5.4	0.8	4 a 6
Dureza Total (mg/l)	135.3	480.6	174.4	120
DBO5 (mg/l)	40	132.6	20.0	Remocion 80% en car-a
DQO (mg/l)	10.0	180.0	27.7	Remocion 80% en carga
Sólidos T (mg/l)	586	2906	570	2000 a 2500
Sólidos suspendidos (mg/l)	8.0	839.0	4.0	Remocion 80% en carga
Solidos Disueltos (mg/l)	578	2067	566	1000 a 1500
Aceites y Grasa (mg/l)	74.0	150.0	79.0	Ausencia
Contaje de aerobios (Col/ml)	2000	INC.	2400	No hay dato
Hongos y levaduras (Col/ml)	10	20	10	No hay dato
Coliformes totales (Col/ml)	11000	>11000	>11000	1000 a 1500
Ident. Bact. Gram (Presencia)	E. freundii	E. freundii	E. freundii	Presencia

Nota: * Registro Oficial Junio 1989

Como se puede observar en la tabla 3 el punto 2 es el efluente de la planta de balanceado, es decir proceso y bodega de liquido, es por esta razón que en esta columna se dan los valores más altos de contaminación.

2.2.- Criterios de diseño de procesos.

Para poder realizar el diseño de la planta de tratamiento del agua residual en la fabricación de alimento balanceado para camarones, hemos considerado los siguientes aspectos:

INDUSTRIAL:	Caracterización del efluente de la planta Variaciones estacionales Curvas de caudales horarias
TOPOGRAFICAS:	De la zona de la planta Cota de llegada al colector.
GEOTECNICOS:	Disposición y composición estratigráfica del terreno hasta una profundidad de 4 m. De profundidad de la capa freática en época de lluvias. Capacidad portante del terreno.
AMBIENTALES:	Leyes que regulan descargas de aguas industriales.

Para tomar la decisión del diseño de los procesos unitarios se analizaron algunas alternativas y escogimos la que nos pareció la mas apropiada en cuanto a manejo ,costo y alcance tecnico.

Entre los sistemas de pequeñas depuradoras tenemos:

Fosa Séptica:

A. Fosa séptica y pozo filtrantes.

- B. Fosa séptica y zanja filtrantes.
- C. Fosa séptica y lechos bacterianos.
- D. Fosa séptica y filtros de arena.

Tanque de decantacion-digestion

- E. Tanque de decantacion-digestion y pozo filtrantes
- F. Tanque de decantacion-digestion y zanja filtrantes
- G. Tanque de decantacion-digestion y lecho bacteriano

Lechos bacterianos.

Fangos Activados

Lagunajes

Aplicacion al suelo

Entre todos estos sistemas se escogio las fosas sépticas ya que son de fácil construcción y su costo de mantenimiento es bajo, además el volumen de agua a tratar no es muy alto (15 TM/día) y cumple con los objetivos planteados para tratamiento de agua de esta industria. También se analizó cada una de las alternativas de fosa séptica y se escogio las de fosa séptica y zanja filtrante ya que los otros sistemas tenían alguna limitante, así tenemos que:

Fosa séptica y pozo filtrantes, presenta problema cuando existe impacto por contaminación de aguas subterráneas.

Fosa séptica y lecho bacterianos, considera que estos medios biológicos no deben estar sobrecargados, ni sumergidos un tiempo demasiado largo. No será admisible una situación de condiciones anaerobicas.

Fosa séptica y filtros de arena, es parecido a zanjas filtrantes, pero su construcción es mas costosa ya que requiere de mayor movimiento de tierra.

Se realizó una análisis comparativos (ver tabla 4) de cada una de las alternativas de los pozos sépticos y se le dio un peso a cada una de sus características, para poder evaluar, así tenemos que 10 puntos equivalente a muy bueno, 8 puntos equivalente a bueno, 7 puntos equivalente a regular, y 6 puntos equivalente a malo.

TABLA 4. Evaluación de alternativas de diseño de fosas septica.

Items a Evaluar	FOSAS SEPTICAS							
	Pozo Filtrante	Ptos	Zanja. Filtrante	Ptos	Lecho Bacteriano	Ptos	Filtro Arena	Ptos
Costo Aprox.	\$4.000	10	\$7.980	8	\$8.150	7	\$8.200	6
Area Aprox.	240 m ²	10	1200 m ²	8	1250 m ²	7	1200 m ²	8
Eficiencia del sist.	90%	8	100%	10	100%	10	100%	10
Mant./m.obra/mes	\$200	10	\$200	10	\$250	8	\$200	10
*N.freatico min.	3 m	6	1,5 m	10	1,5 m	10	1,5 m	10
*Tipo de sue10	Grava y arena gruesa.	6	De acuerdo al sist.	8	De acuerdo al sistema.	8	Diseño requiere arena	7
Total Puntaje		50		54		50		51

Nota: * Limitantes del diseio.

De esta manera se evaluó la mejor alternativa de diseño. El mayor puntaje fue de 54 y lo obtuvo la poza séptica con zanja filtrante.

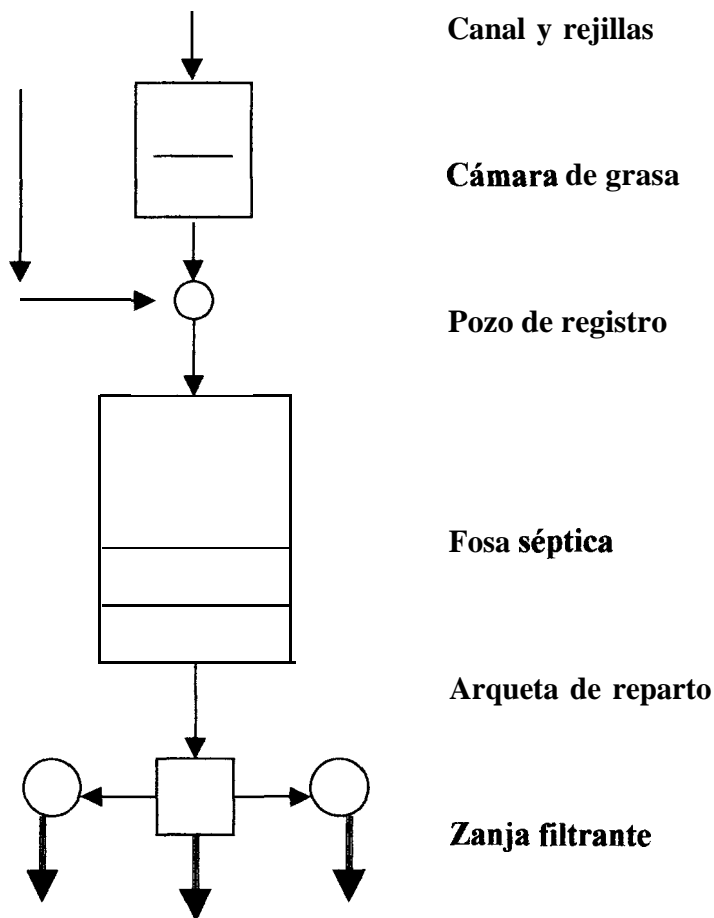
2.3.- Descripción y diagrama de flujo de los procesos unitarios utilizados para el tratamiento del efluente de las plantas de alimento balanceado para camarones.

Con los antecedentes estudiados y tomando como base la caracterización de este tipo de industria se debe describir los siguientes procesos unitarios ya que estos servirán para mejorar la calidad de agua del efluente de este tipo de industria. Además se describen algunos tipos de procesos unitarios cuyos conceptos teóricos están inmersos en los procesos que se van a utilizar.

El principal problema de esta industria es el manejo de la bodega de líquidos que siempre va a contaminar con aceites y grasas, estos compuestos en nuestra caracterización son altos y lo confirman los datos proporcionados por Champion S.A, ya que su porcentaje de desperdicio es alto con relación a la contaminación total descargada en su efluente.

Es por esta razón que para tratar este tipo de efluente se debe contar con los siguientes procesos unitarios:

FIGURA 3. Diagrama de flujo de procesos unitarios



*Canal y rejillas. Conducto que lleva el efluente a los procesos unitarios.

*Cámara de grasa.- Recibe el agua residual de la bodega de liquido.

*Pozo de registro.- Recibe las aguas residuales del efluente de la planta y de las procedentes de la cámara de grasa.

***Fosa séptica.-** Recibe las aguas del pozo de registro, aquí se cumplen algunos procesos anaerobios y aerobios que **reducen** la **contaminación del** efluente.

***Arqueta de reparto.** Recibe el efluente procedente de la fosa séptica. Permite distribuir el efluente, a **través del** pozo séptico y entre las zanjas filtrantes.

***Zanja filtrante.** Recibe el efluente procedente de la arqueta de reparto, el cual a su **paso a través** de la arena se depura por vía aerobia y pierde las **partículas en suspensión.**

2.3.1.- Desengrasador

La cantidad de grasas que se vierten en las industrias de **fabricación** de balanceado es alta. Esta ha **creado problema** en las **técnicas de depuración** de aguas residuales; **los tipos de problemas** que se dan son los siguientes.

- En rejillas **finas causan** obstrucciones que aumentan **los gastos de conservación.**
- En los decantadores **forman** una **capa** superficial dificultando la **sedimentación.**

- En la **depuración** por el sistema de fangos activados **dificulta** una **correcta** aireación, esto **hace** que disminuya el **coeficiente** de transferencia en un 55-70 %, cuando las grasas se encuentran en cantidades de 70 **mg/ l**.
- **Perturban** el proceso de digestión de lodos.

La DQO se incrementa en un 20 a 30 %, por las grasas contenidas en los vertidos.

Los sistemas mas utilizados en la **eliminación** de grasas **constan** de dos fases:

Emulsión de las grasas en arena mediante aireación, esto **permite** ascenso a la superficie **para** su posterior retirada.

Separación de grasas residuales en el sistema de balsa de **decantación**, estas se **retiran** por medio de rasquetas superficiales.

Es por esta **razón** que nuestra **cámara** de grasa debe trabajar como un desengrasador, el objetivo de este proceso es retener la grasa **para** que no influya en los **demás** procesos y **para** cumplir con las **normas** de descarga.

2.3.2 Sedimentador .

Es un sistema mediante el **cual** se consigue la **decantación primaria** mediante la **eliminación** de las partículas que se encuentran en suspensión en las aguas residuales.

Se recomienda tener en cuenta la velocidad de la corriente por debajo de un determinado valor, el **proceso** se fundamenta en la **eliminación** de un 50 a 60 % de las materias en suspensión **del** afluente.

Estas partículas, al precipitarse en el fondo, llevan **consigo** cierta cantidad de **bacterias**, por lo **tanto** disminuye la **cantidad** de DBO existiendo por lo **tanto** una **depuración** biológica.

Para que se produzca la **sedimentación** se utilizan decantadores que **sean** atravesados con velocidades **lentas** y de una forma adecuada por el agua que se va a tratar.

La fosa **séptica** tiene tres compartimentos en **los** cuales se realiza esta **función**, por esta **razón** hemos descrito sus recomendaciones conceptuales.

2.3.3.- Piscina de estabilización aeróbica.

Estos sistemas **dependen** de la aireación **para** mantener a las bacterias que **consumen oxígeno**. Si se dispone de terreno amplio, una laguna aireada puede ser el incubado **más práctico**, por lo común el tiempo de **retención** es de 30 a 60 días.

Es típico que los estanques de aireación **sean diseñados para** un tiempo de **retención** de 12 a 48 horas, de modo que la **relación A/M** (**proporción de alimento a microorganismo**) es bastante baja.

Microbiología del proceso.

La **producción de lodo** es un **aspecto importante** en el **proceso de producción biológica**. En este sistema la bacteria se **multiplican** exponencialmente, la mayor parte **del alimento** se **emplea** en la **producción** de nuevas células, de modo que es grande la **producción de lodo** (que **formada casi completamente** por biomasa). Se denomina **digestión o estabilización aeróbica** a la **eliminación de fango** en presencia de **aire** de sus partes fermentables. Los lodos sometidos a una aireación prolongada, disminuyen en forma continua por **acción** de los

microorganismos existentes, a la vez que se produce una **mineralización** de la materia orgánica.

Los productos finales de este proceso metabólico son anhídrido **carbónico**, agua y productos solubles **inorgánicos**.

Este proceso es el **segundo** que se efectúa cuando el efluente sale de la fosa **séptica** y va a la zanja **filtrante**.

2.3.4.- Piscina anaeróbica.

La digestión anaeróbica es el **método** más adecuado **para** obtener un **producto** final **aséptico**. La descomposición **orgánica** por la bacteria se realiza en ausencia de **aire**. El oxígeno necesario **para** su desarrollo lo obtiene **del** propio **alimento** (compuestos orgánicos que contienen oxígeno en sus **moléculas**). En este proceso los materiales de descomposición pasan por varios **procesos**: **licuefacción**, **gasificación**, y **mineralización**, obteniéndose un **producto** final inerte con **liberación** de gases.

Durante la **gasificación** estos productos se convierten en gases, cuyos **principales componentes** son el metano y el dióxido de

carbono. Finalmente la materia orgánica soluble es también descompuesta.

Este es el primer proceso que se cumple cuando el efluente a tratar entra en la primera parte de la fosa séptica.

Este proceso esta influenciado por una serie de parámetros, que determinan su eficiencia, tales como: temperatura, concentración de sólidos, mezcla de los fangos, pH, ácidos volátiles de los fangos

2.4.- Consideraciones del diseño

Se ha considerado el presente diseño, debido a que la mayoría de fábricas de alimento balanceado se encuentran fuera de la ciudad y casi ninguna posee planta de tratamiento para su efluente de descarga. Por otro lado, en su cercanía no tienen sistemas de drenaje de alcantarillado, es por esta razón que pensamos que la construcción de pozos sépticos bien dimensionados es una de las mejores alternativas.

En estos casos donde las aguas no pueden ser conducidas a una red de saneamiento o bien el costo de dicha red es muy elevada, se acude a la *instalación de fosas sépticas*.

El objetivo de estas instalaciones es doble: Retener las materias orgánicas fermentadas hasta su nitrificación, y evacuar el **líquido** una vez que se alcanza la nitrificación.

Antes de adoptarse este sistema **deberán** garantizarse los siguientes **aspectos**:

- 1.- El sistema debe garantizar los rendimientos exigibles en función del punto de vertido.
- 2.- Debe garantizar las condiciones higiénico-sanitarias.
- 3.- Debe garantizar las condiciones **estética** de la zona.
- 4.- Debe ser aceptado por los habitantes residentes de la zona.
- 5.- Debe garantizar la no – **contaminación** de subsuelos utilizados **para** abastecimiento de aguas.
- 6.- Debe ser practicable, visitable y de emplazamiento **válido para acceso** de los equipos de vigilancia periódica y de limpieza.
- 7.- Debe ser la **solución** alternativa **más** económica. En este sentido **deberá** justificarse las ventajas económicas, e igualdad de condiciones **técnicas**, que **presenta** frente al saneamiento comunitario.

Las fosas **sépticas** tienen **interés** en los siguientes **casos**:

- * Viviendas o grupos de viviendas aisladas, que por razones técnicas o económicas no pueden dotarse de red de saneamiento comunitario.
- * Viviendas de **carácter** estacional (balnearios, estaciones de deportes, de invierno, urbanizaciones de segunda vivienda **para verano** o fines de semana) en

las que sin **duda** una red de saneamiento y un depurador **convencional** podrían tener problemas de funcionamiento.

Condiciones de funcionamiento

El funcionamiento de estas sencillas instalaciones puede ser **alterado** por multiples razones, tales **como**: Sobrecarga de **contaminación** organica, gran **dilución**, inclusion de fuertes concentraciones de grasas y/o detergentes, **incorporación** de **antisépticos** o **productos** quimicos etc.

La inclusion de estos elementos puede **provocar inhibición del** metabolism0 bacteriano.

La fosa **séptica más completa** consta de tres compartimentos:

- 1.- Al llegar el agua al primero, **decanta** la materia **más densa** y se **deposita** en el fondo en forma de **lodo**;
- 2.- El **segundo** compartimento a **través** de orificios a media altura, aqui se produce la **decantación** de sólidos y **formación** de espuma en menos cuantia.
- 3.- En el **tercer** compartimento es donde **permanece** hasta alcanzar un cierto nivel, capaz de **cebar** el **sifón** y descargar sobre la zona de depuracion

biológica secundaria (zanja filtrante). En esta última etapa se efectúa la depuración en condiciones aeróbicas.

Debe puntualizarse que en los dos primeros compartimentos citados se desarrolla una fermentación anaeróbica dándose las condiciones de una digestión convencional.

Parte de los sólidos se licúan, parte se volatilizan y parte se depositan y se concentran, siendo precisa su retirada periódica. El tercer compartimento estará dotado de entrada de aire, reiniciándose unas condiciones aeróbicas en las aguas vertidas.

CAPITULO III

EVALUACION Y RESULTADOS



3.1.- Cálculo de Ingeniería y diseño de los procesos unitarios utilizados para el tratamiento.

Parámetros de entrada:

- Caudal de diseño	15,00 (m ³ /d)
- Coeficiente punta	3
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	132,6 (mg/l)
- Coeficiente punta en DBO	3
- Sólidos en suspensión totales (SST)	2906 (mg/l)
- Sólidos en suspensión volátil (SSV)	2067 (mg/l)
- Carga diaria de sólidos volátiles.	31,005 (kgSSV/d)
- Temperatura ambiente	29 (°C)

Parámetros de salida:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	26,52 (mg/l)
- Sólidos en suspensión totales (SST)	581,2 (mg/l)

Diseño del canal de entrada.

Este canal se diseñará con las siguientes características (Uralita 1995).

- Sección	Rectangular
- Ancho del canal (m)	0,25
- Pendiente del canal	0,05%
- Capacidad del canal	0,9 m ³
- Altura maxima útil (m)	0,36
- Altura de resguardo (m)	0,1
- Velocidad a Q_{med} (m/s)	0,6
- Velocidad a Q_{max} (m/s)	3,0
- Longitud del canal (m)	10,0
- Rejillas (varilla 5/8)	2 cm de separación

Dimensionamiento.

Para dimensionar el canal de entrada, se tomó un dato de caudal referencia de 0,27 m³/seg, ya que el caudal promedio del proceso de fabricación de la planta es pequeño (0,625 m³/h), sobre el dato referencial se ha estimado factores de seguridad, por limpieza, lluvia, etc. Es decir que se trabajará con este valor como caudal máximo, también usará una velocidad máxima que es de 3 m/s. Los datos son asumidos por referencia de experiencias ingenieriles.

Así :

$$Q_{\max.} = A * V$$

Donde Q = Caudal **máximo** estimado

A = Area, es de dato a conocer (lados)

V = Velocidad maxima,

Despej **ando** $A = Q_{\max} / V$

Se obtiene que $A = 0,09 \text{ m}^2$

Basandose 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 formula de rectangulo con la **recomendación** nos da:

$$Ar = 1,44H * L$$

Donde:

H = largo

L = es ancho

Ar = area **del** rectangulo

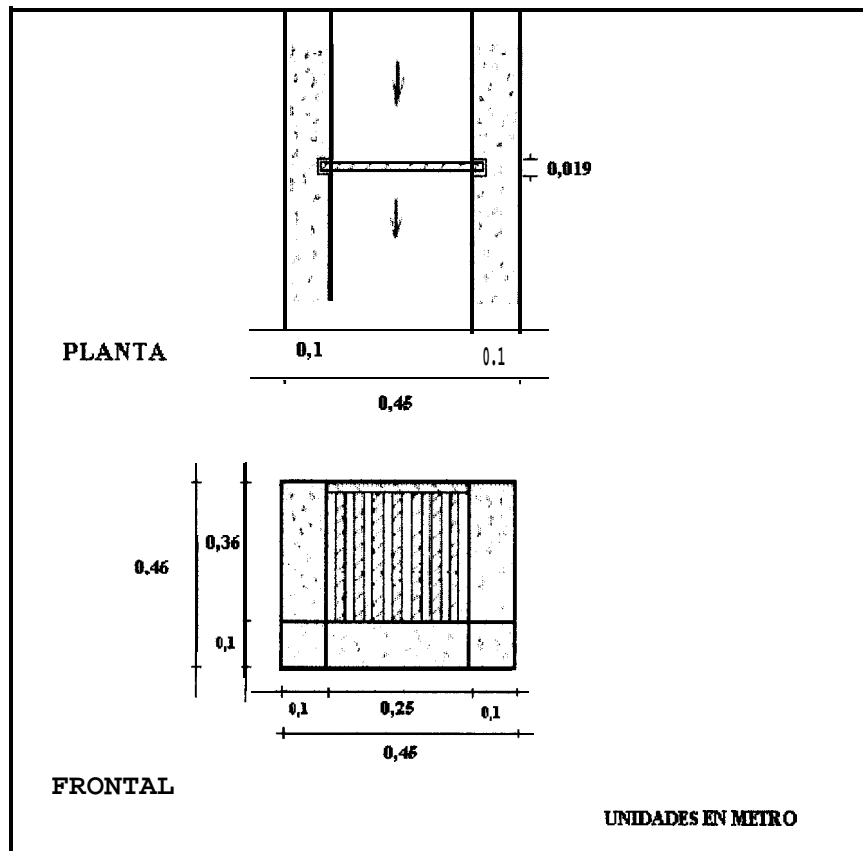
Entonces:

$L = \sqrt{A/1,44}$ da que el ancho debe ser de 0,25 m y el largo 0,36 m

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 figura 3 el diseño y dimensiones de las trampas de grasa.

FIGURA 4. Diseño y dimensiones de la trampa de grasa



Diseño de la cámara de grasa.

Para el diseño de la trampa de grasa se tomará en cuenta el volumen promedio que se desperdicia en la industria. El dato fue obtenido de la Auditoria ambiental realizada en Molinos Champion S. A. y se calcula que en un año el desperdicio fue de 341 quintales de grasa (registro estadístico). De esta manera se pudo estimar que se están desperdiciando aproximadamente 65 litros de grasa y aceite por día.

Dimensionamiento.

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, así:

- Altura de capa de grasa 1 cm

Se utiliza la fórmula de Volumen $V = A * H$

Donde V = Volumen, de $0,065 \text{ m}^3$

A = Área, es de dato a conocer

H = Altura, de 0,01 m

Se obtiene que $A = 6,5 \text{ m}^2$

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

$$A = 2L * L'$$

Donde:

L = largo

L' = es ancho

A = área del rectángulo

Entonces:

$$L = \sqrt{A/2} \quad \text{nos da que el ancho debe ser de 1,8 m y el largo 3,6 m}$$

La profundidad está en base a los datos técnicos (Uralita 1995) 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 total	6,5 m ³
Volumen 1 er compartimento	3,25 (50% del volumen total)
Volumen 2do compartimento	1,95 (30% del volumen total)
Volumen 3er compartimento	1,25 (20% del volumen total)

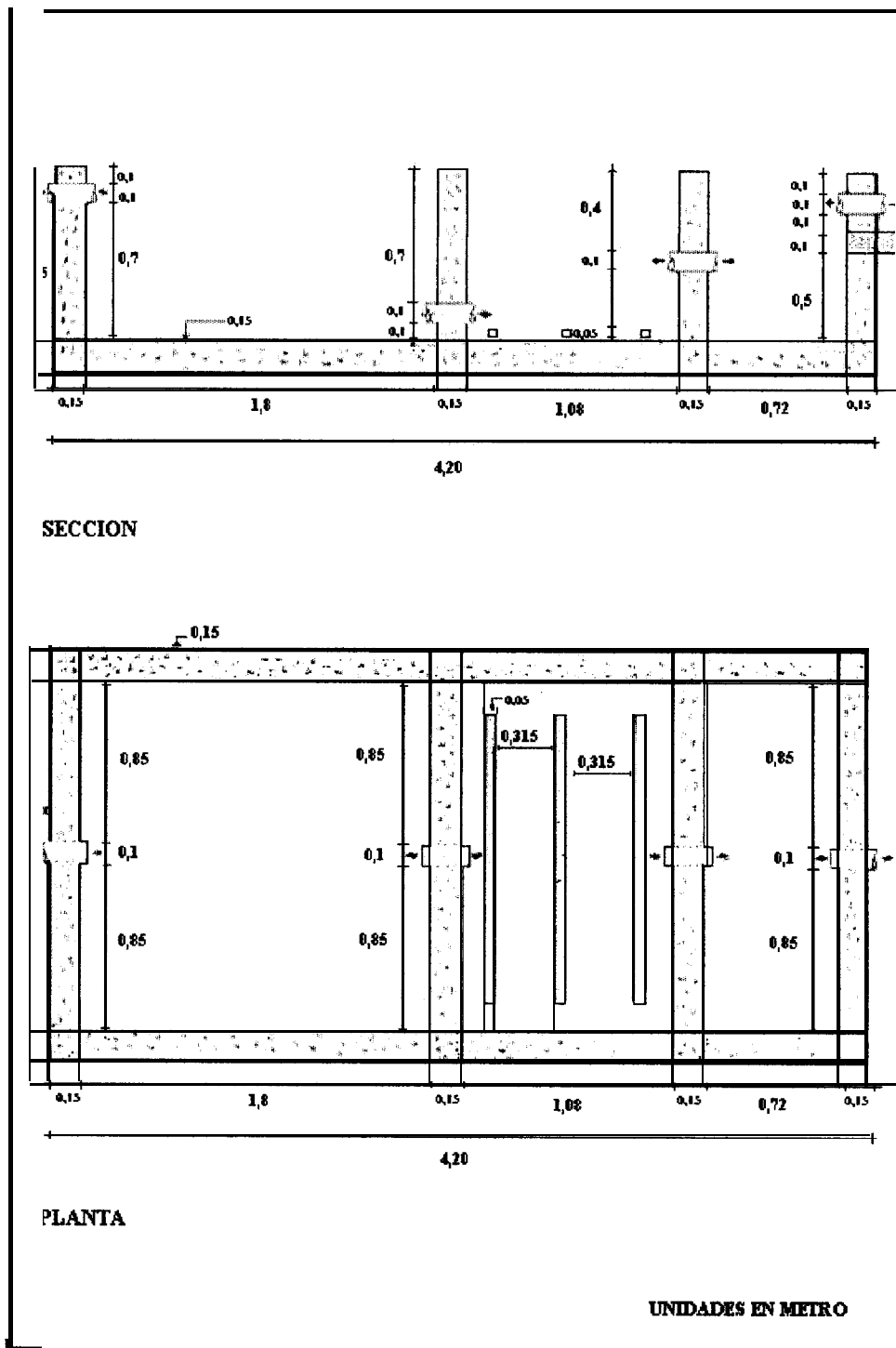
Mantenimiento

Para lograr los mejores resultados se debe realizar un mantenimiento diario de la camara de grasa, ya que todos los dias se **habrán** acumulado 65 litros de grasa en promedio, de **esta manera** se deberan recoger al terminar la jornada. Para tal efecto se debe **proceder** a usar rasquetas de **absorción** de grasas y evacuar el material flotante a un **recipiente**, para acumular **todo los** desperdicios de grasas con el tin poderlos **transportar**, la **cual** se podria vender **para** su **utilización** en otras industrias (Jabonerias, **velas**, cebo **para ratas**, etc.)

La segunda camara tiene piedras difusoras de **aire**, cuyo objetivo es **hacer** flotar toda **partícula** con grasa que no se pudo recoger en el primer compartimento. El **compresor deberá** encenderse por lo menos dos horas antes de la limpieza.

En la figura 5 se muestra las dimensiones y **diseño** de la camara de grasa.

FIGURA 5. Diseño y dimensiones de la cámara de grasa



Diseño de fosas sépticas

Parámetros de diseño

Las fosas septicas, por lo general se aplican **para flujo** de 8000 galones por día. Sin embargo hay unidades de hasta 40.000 galones por día de capacidad (Eklund 1994).

Para vertidos de aguas residuales entre 6.000 a 40.000 litros por día la capacidad mínima **del** tanque **deberá** ser de 4500 litros **más** el 75% de efluente diario de aguas residuales, **según** la formula (Uralita 1995).

$$V=4.500 + 0,75 (15.000)$$

$$V= 15.750 \text{ litros}$$

Donde:

V = volumen **útil** de la fosa en litros.

Q = aportacion de aguas residuales en litros.

Para vertidos de aguas residuales superiores a 40 metros **cúbicos** por día es preferible utilizar tanques de decantacion - digestion.

Es **conveniente** la existencia **del** compartimento de **dosificación** cuando la superficie **del** filtro en la zona de **nitrificación** sea superior a 160 metros cuadrados o la longitud de la red de **distribución** sea superior a 90 metros. Cuando la longitud de la red sea superior a 240 metros es **conviene** dividir la **distribución** con dos sifones.

Las dimensiones de **los** sifones a utilizar pueden variar de 7.5 cm a 15 cm de diametro (Uralita 1995).

Los caudales dosificados por estos sistemas (Uralita 1995) son **los** siguientes:

Tamaño del sifon o	(cm)	7,5	10	12,5	15,0
Máximo caudal	(l/s)	6.04	14,32	26,6	38,1
Caudal medio	(l/s)	4,54	10,41	20,62	29,9
Mínimo caudal	(l/s)	3,02	6,43	14,76	21,45

Por **factores** de seguridad se ha escogera la tuberia de sifon de 10 cm de diametro, aunque la de 7,5 cm se ajusta al **diseño**.

Condiciones complementarias de las fosas **sépticas** son:

Longitud **del** tanque entre dos y tres **veces** la anchura

Profundidad **útil** 1.2 m <= a 1.7 m

Resguardo mínimo sobre el nivel del agua > a 0.30 m

Con dos compartimentos, el primero tendrá un volumen útil del 66%

Con tres compartimentos, el primero tendrá un volumen útil del 50% y cada una de las otras dos cámaras el 25%.

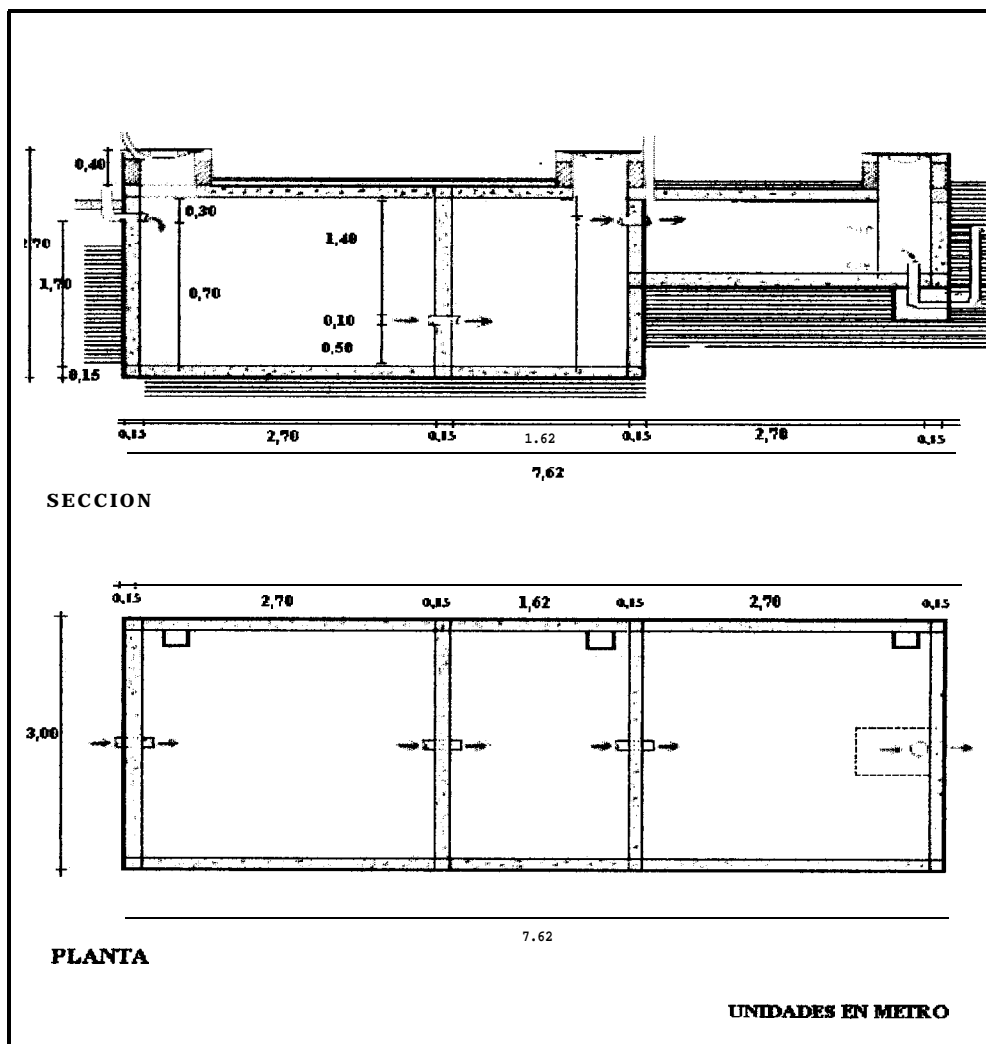
Dimensionamiento

Tomando en cuenta que nuestro caudal promedio es de 15 m³/día y trabajando con un factor de seguridad de 1,36, el dimensionamiento según datos técnico (Uralita 1995) da los siguientes parámetros:

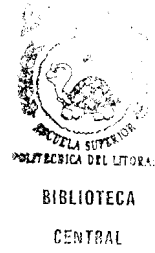
Volumen total del pozo séptico	20,48 m ³
Número de cámaras	3
Volumen cámara 1	10,24 (50% de volumen total)
Volumen cámara 2	5,12 (25% de volumen total)
Volumen cámara 3	5,12 (25% de volumen total)
Profundidad útil	1,2 m
Relación longitud/ancho	2 / 1
Diametro de sifón de salida 3ra cámara	10 cm.
Resguardo sobre el nivel de agua	0,3 m

En la figura 6 se observa las dimensiones y diseño de la fosa séptica.

FIGURA 6. Diseño y dimensiones de la fosa séptica



Zanjas filtrantes



Parametros de diseño

Para el diseño de la zanja filtrante primero se debe realizar un ensayo de infiltración, que consiste en calcular el tiempo de descenso del agua en una lamina de 2,5 cm, Según el tiempo se da una tabla ya estandarizada donde se da la carga hidraulica por l/m^2 y día, además recomienda la anchura de la zanja.

En la siguiente tabla se indica las cargas hidraulicas correspondiente a cada tiempo de infiltracion, a partir de la definición del tiempo preciso para un descenso de la lamina de agua en los ensayos de infiltración de 2,5 cm.

TABLA 5. Cargas hidráulicas de zanjas filtrantes (Uralita 1995).

Tiempo de descenso Lamina de agua en 2,5 cm	Carga hidráulica (l/m^2 y día)	Anchura recomendada en zanja (m)
< 1 minuto	160-200	0,45
< 2 minutos	130-160	0,45
< 3 minutos	100 – 130	0,60
< 5 minutos	90 – 100	0,60
< 10 minutos	70-90	1,00
< 30 minutos	30-40	1,25

En caso de no-realización del ensayo de infiltración se utilizará los valores de la tabla 6 dado por la EPA.

TABLA 6. Tasa de infiltración y de aplicación en función del tipo de terreno (EPA 1980).

Textura del suelo	Tasa infiltración Minuto/cm	Tasa de aplicación (m ³ /m ² .d)
Arena gruesa – grava	< 0.4	No utilizable
Arena media-gruesa	0.4 – 2	0,048
Arena fina – margosa	2- 6	0,030
Marga- marga -porosa	12- 24	0,018
Marga arcillosa	24-48	0,008
Terreno impermeable	> 48	No utilizable

Las dimensiones y separaciones **mínimas** requeridas entre las zanjas de infiltración están indicadas en la siguiente tabla.

TABLA 7. Dimensiones y separaciones mínimas requeridas para las zanjas de infiltración (Uralita 1995).

Anchura de la zanja En el fondo(cm).	Profundidad de la Zanja (cm)	Zona de absorción efectiva (m ² /m)	Separación de las Tuberías (m)
45	50 a 100	15.-	1,90
60	50 a 100	2	1,90
100	50 a 125	2.5	2,30
125	60 a 125	3.0	2,80

Siendo la mínima distancia entre las paredes verticales de dos zanjas próximas un metro.

El número de zanjas filtrante esta dado por la tabla 8, pero también se la puede calcular en base al caudal de entrada (metro cúbico por día) por un factor que va de 0,7 a 0,8.

TABLA 8. Característica de zanjas filtrantes con fosas sépticas (Uralita 1995).

Población he	Característica de Zanja filtrante	
	N (n°)	L (m)
4 a 5	2	30
6a 10	2	30
11 a 15	3	25
16 a20	4	25
21 a 25	5	25
26 a30	5	30
31 a 40	8	25
51 a 60	10	30
61 a 70	14	25
71 a80	16	25
81 a 90	18	25
91 a 100	20	25

Dimensionamiento

Para el dimensionamiento el primer paso fue hacer el ensayo de infiltración, el mismo dio como resultado una lectura menor a 1 minuto en una lamina de 2,5 cm.

Para calcular el número de zanjas filtrante se usó el factor de 0,73 multiplicado por el caudal de entrada (metro cúbico por dia), y nos arrojó como resultado que necesitamos 11 zanjas filtrantes.

Las demás dimensiones son tomadas de las tablas proporcionadas en las tablas recomendadas por la EPA. Así obtenemos el siguiente dimensionamiento:

Superficie útil precisa	138,89 m ²
Longitud precisa	330 m
Número de conductos de distribución	11
Longitud unitaria de la zanja	30m
Separación entre conducto	1,90 m
Anchura de la zanja	0,45 m
Profundidad de la zanja	0,7 m

En la figura 6, se muestra el diseño y las dimensiones de las zanjas filtrantes en escala (sección longitudinal y transversal), y en la figura 7 están integradas.

FIGURA 7. Diseño y dimensiones de zanjas filtrantes (sección longitudinal y transversal).

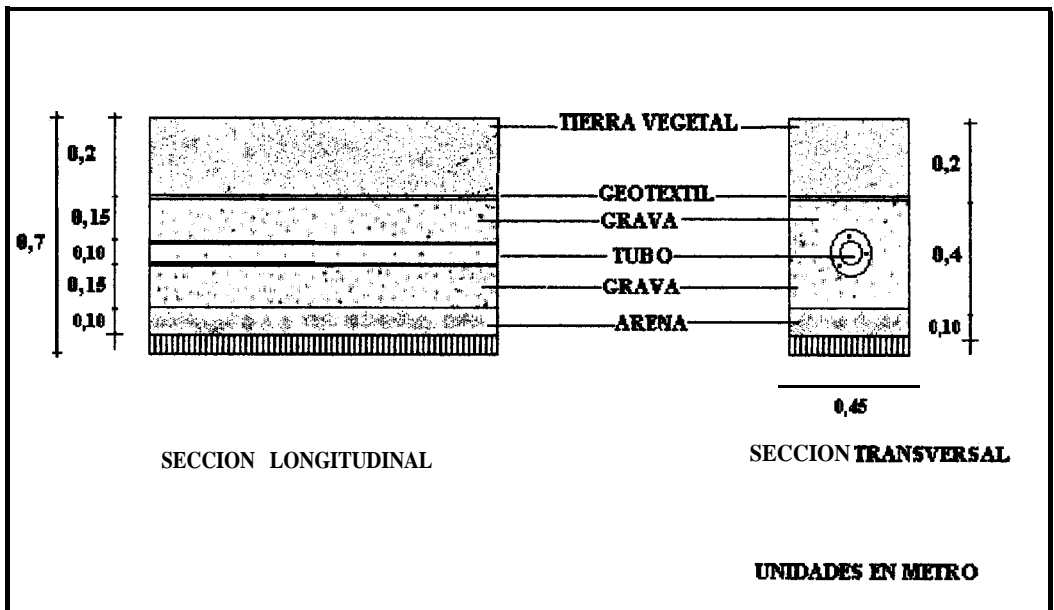
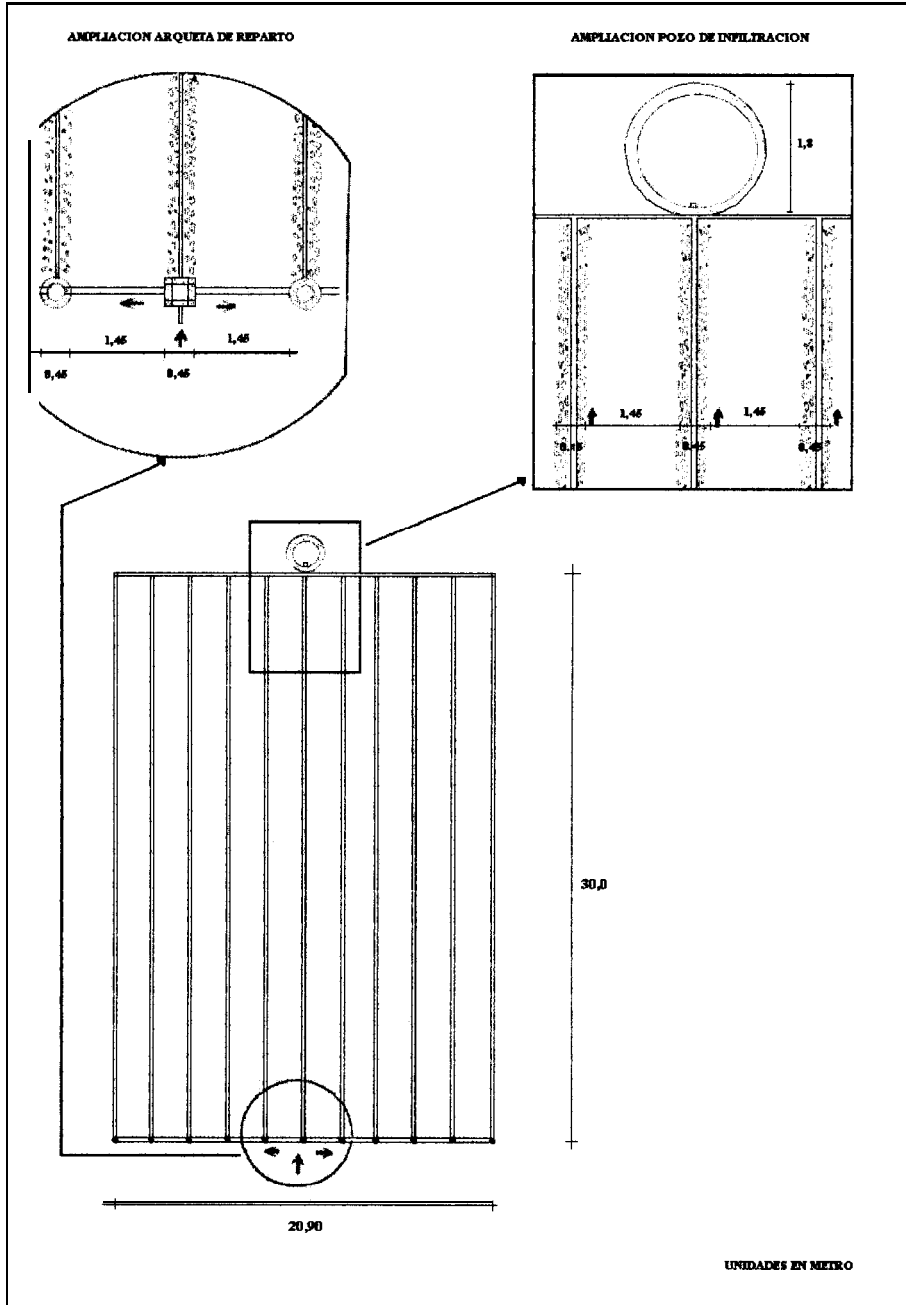


FIGURA 8. Diseño y dimensiones del sistema de las zanjas filtrantes (integradas).



3.1.1.- Medición de caudal del efluente del proceso.

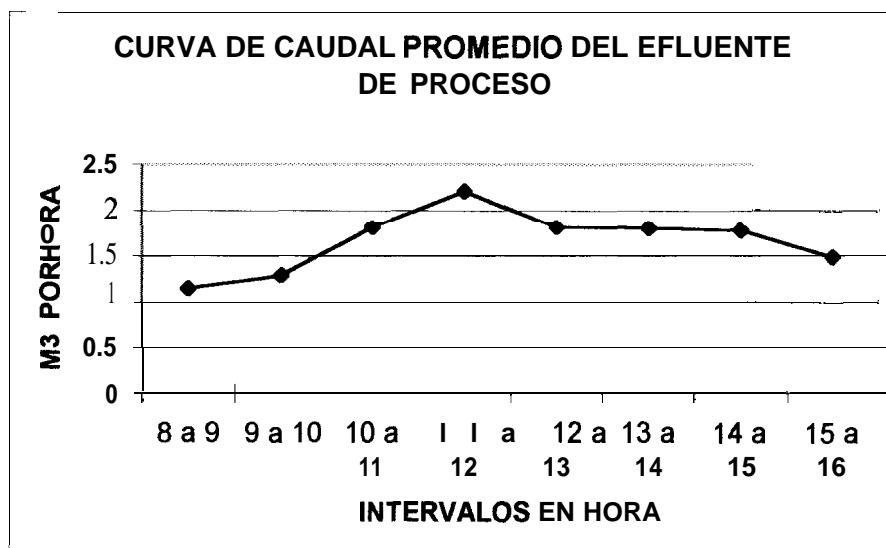
Estas mediciones fueron realizadas en una **planta** de balanceado (Molinos Champion S.A).

Para la **medición** de caudal del efluente del proceso se realizó una serie de mediciones con un tanque de aforado de 50 litros durante a cada hora durante una semana de **producción** lo cual nos dio un promedio de $15.01 \text{ m}^3/\text{dia}$, como se aprecia en la tabla 9.

TABLA 9. Medición promedio del caudal de efluente de proceso .

HORARIO	Lectura (Litro/minuto)	Equivale a m^3/hora
8 A 9	19.17	1.15
9 A 10	21.46	1.29
10 A 11	30.17	1.81
11 A 12	36.88	2.21
12 A 13	30.10	1.81
13 A 14	30.00	1.80
14 A 15	29.58	1.78
15 A 16	25.00	1.50
PROMEDIO	27.79	1.67
SD	4.5	0.27
SUMATORIA/DIA		15.01 m^3/dia

El presente **gráfico** muestra la **curva** de comportamiento del efluente de proceso en metros **cúbico** por hora durante un día laborable.

FIGURA 9. Curva de caudal promedio del efluente de proceso**3.1.2.- Medición de caudal del efluente de la fabrica.**

Según datos proporcionados por Molinos Champion S.A de su auditoria ambiental se ha determinado que su efluente es de 48 m³/día que se distribuyen de la siguiente forma (ver tabla 10):

TABLA 10. Caudal del efluente de la fábrica.

SECTORES	CAUDAL m ³ /día
Pozos sépticos	21
Agua subterránea	12
Efluente de la planta	15
Total m³/día	48

Cabe mencionar que esta fabrica tiene una producción de 158,4 Tonelada/día.

3.2.- Datos y resultados

Como datos de entrada para nuestro diseño se han tomado en cuenta el punto número 2 del muestreo que es donde los niveles de contaminación son más altos en cuanto a carga orgánica y DBO₅, estos datos se pueden apreciar en la tabla 11, así como también se aprecia los datos requeridos según las normas de descargas.

TABLA 11. Datos de parámetros de salida y requerimientos después del tratamiento

PARAMETROS DEL EFLUENTE	DATOS (Punto 2)
Caudal de diseño	15,00 (m ³ /día)
Grasa y aceites	150 (mg/l)
Demanda bioquímica (DBO ₅)	132,5 (mg/día)
Sólidos Suspendidos Totales	2906 (mg/l)
Sólidos Suspendidos Volátiles	2067 (mg/l)
PARAMETRO DE SALIDA DESPUES DEL TRATAMIENTO	REQUERIDO
Grasa y aceites	Ausencia
Demanda bioquímica (DBO ₅)	26,52 (mg/l) --
Sólidos Suspendidos Totales	-- 581,2 (mg/l)
Sólidos Suspendidos Volátiles	413,4 (mg/l)

Los resultados de diseño de la cámara de grasa se resumen en la tabla 12, se ha tomado como referencia tener una capa de grasa de 2 cm en la primera cámara al terminar el día.

TABLA 12. Resultados de diseño de la Cámara de grasa.

PARAMETROS	CANTIDAD	UNIDADES
Caudal máximo	0,52	Litro/segundo
Tiempo de retención	3	Minutos
Longitud/ ancho	3,6 x 1,8	Metros
Diámetro de tubos	10	Centímetros
Altura de la cámara	1.0	Metro
Altura útil de la cámara	0.7	Metro
Altura de resguardo	0.3	Metro
Volumen total	6,5	Metros cúbicos
Volumen Cámara 1	3,25	Metros cúbicos
Volumen Cámara 2	1,95	Metros cúbicos
Volumen Cámara 3	1,25	Metros cúbicos

Los resultados de diseño del pozo séptico se aprecian de la tabla 13, estos son los parámetros recomendados para la construcción de la fosa séptica para que cumpla eficientemente su proceso de tratamiento, según la caracterización del agua de esta industria.

TABLA 13. Resultados de diseño del Pozo séptico.

PARAMETROS	CANTIDAD	UNIDADES
Longitud/ ancho	6,0 x 2,0	Metros
Diámetro de sifón	10	Centímetros
Altura de la fosa séptica	1,5	Metro
Altura útil de la cámara	1,2	Metro
Altura de resguardo	0,3	Metro
Volumen total	20,48	Metros cúbicos
Volumen Cámara 1	10,24	Metros cúbicos
Volumen Cámara 2	5,12	Metros cúbicos
Volumen Cámara 3	5,12	Metros cúbicos

Como se aprecia en la tabla 14, los resultados de los parámetros para la construcción de las zanjas filtrante, en función del dimensionamiento del sistema para el tratamiento de efluente de las plantas de alimento balanceado para camarones.

TABLA 14. Resultados de diseño de las Zanjas filtrantes.

PARAMETROS	CANTIDAD	UNIDADES
Ensayo de filtración	Menor a 10	Minuto
Superficie precisa útil	138,89	Metros cuadrados
Longitud precisa	330	Metros
No de conductos de distribución	11	Unidades
Longitud unitaria de la Zanja	30	Metros
Separación entre conductos	1,9	Metros
Anchura de la Zanja	0,45	Metro
Profundidad de la Zanja	0,7	Metro

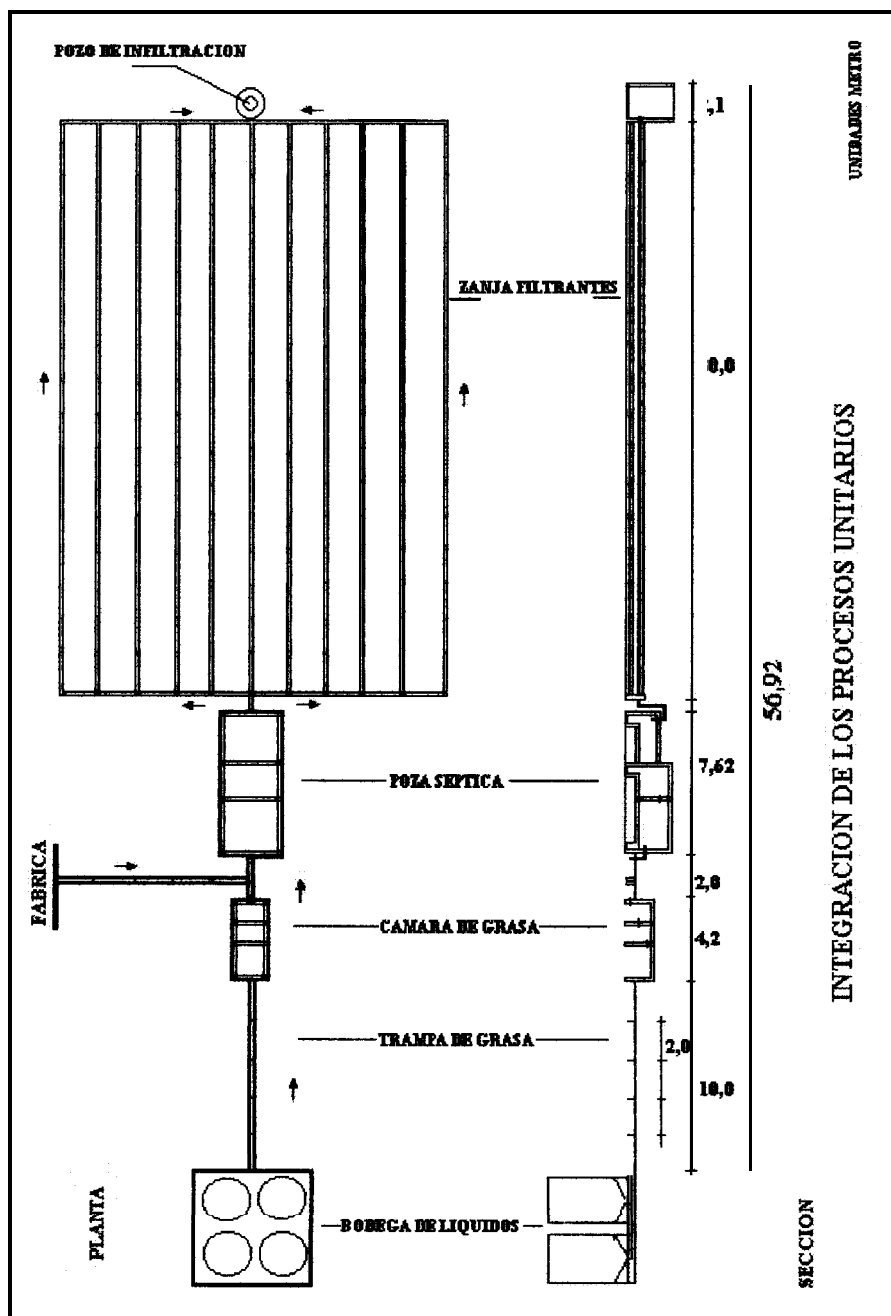
Al final de la Zanja será necesario colocar un pozo de infiltración para recoger el exceso de efluente y facilitar la **ventilación**, se recomienda las siguientes dimensiones:

Profundidad	2,4 metros
Diámetro	1,8 metros
No Unidades	1

Este dimensionamiento se lo hizo en base a **un** factor de seguridad que es de menos de la mitad **del caudal** de entrada que es de 15 metros cúbicos por día, de esta **manera** se **calculó un** volumen de 6,1 metros cúbico, es **decir** el 40% de volumen total **del** día.

En la **figura 10** se puede apreciar la integración de todos los **procesos** unitarios que conforman el sistema de tratamiento del efluente la **planta de alimento** balanceado (**modelo** propuesto).

FIGURA 10. Integración de los procesos unitarios.



3.3. - Evaluación de la eficiencia del diseño

El presente **diseño** esta elaborado **para** que cumpla una **eficiencia** optima con el tratamiento del efluente de una **fabrica** de alimento balanceado, es así que la **eficiencia del diseño** se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 15. Eficiencia del diseño.

Unidad de Tratamiento.	GRASA	DBO	DQO	SST
Reja de barra	5%	0%	0%	0%
Cámara grasa I fase	80%	0%	0%	0%
Cámara grasa II fase	10%	0%	0%	0%
Cámara grasa III fase	5%	0%	0%	0%
Pozo Séptico I fase (anaeróbico)	0%	30 a 40%	30 a 40%	50 a 65%
Pozo Séptico II fase (anaeróbico)	0%	30 a 40%	30 a 40%	50 a 60%
Pozo Séptico III fase (aeróbico)	0%	80 a 90%	80 a 90%	80 a 90%
Zanja filtrante (Proc. aeróbico)	0 %	80 a 90%	80 a 90%	90 a 95%

Cabe anotar que el sistema esta **diseñado** de tal **manera** que contiene **8,28 veces** su **caudal** diario, por lo **tanto** será la misma **magnitud** en tiempo que se demora en salir el agua desde que entra al sistema, es **decir** **8 días**.

3.4 - Análisis económico del proyecto

Este sistema de tratamiento de **aguas** residuales, se trata de un **diseño** de bajo **costo**, es por esta **razón** que el sistema trabaja con **gravedad**, debido a sus **pendientes**.

El movimiento de tierra se lo **hará** manualmente ya que una maquina no podria trabajar **haciendo** las zanjas **continuas** con anchuras de borde a borde de 1,45 metros.

El material de **construcción** es de hormigon **armado** y los **conductos** serán de la Zanjas **del** mismo material.

El **ancho** de las paredes de hormigon **será** de 15 cm **para** todas las estructuras.

La tabla 16 resume los **costos totales** del sistema (incluyen **mano** de obra), siendo su **costo** de mantenimiento mensual aproximadamente \$50.

TABLA 16. Costo de construcción de los procesos unitarios.

UNIDAD DE TRATAMIENTO	CANTIDAD	MEDIDAS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Rejas de barra	10	0,25 x 0,36 m	\$5,00	\$50,00
Rejillas para canales	2	10 x 0,36 m	\$15,00	\$30,00
Compresor	1	0,25 HP	\$100	\$100
Piedras difusoras	3	5x5 x150 cm	\$20	\$60
Canales (Hormigón)	2	1,2 m ³	\$110,00	\$264,00
Cámara grasa (Hormigón)	1	11 m ³	\$110,00	\$1.210,00
Pozo Séptico (Hormigón)	1	18 m ³	\$110,00	\$1.980,00
Zanja filtrante (materiales)				
Grava	45 m ³	¾	\$6,50	\$292,50
Arena	15 m ³	Fina	\$4,50	\$67,50
Geotextil	140 m ²		\$6,50	\$910,00
Tubos perforados	66	6,0 x 0,1 m	\$10,00	\$1.400,00
Pozo de infiltración	1	2 3 m ³	\$120,00	\$260,00
Movimiento de tierra	153 m ³	A mano	\$10	\$1.153,00
Otros			\$200,00	\$200,00
COSTO TOTAL				7.977,00

Como se puede apreciar el **costo total de la construcción de la planta de tratamiento es de aproximadamente \$7.977 dólares.**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Luego de la caracterización de agua residual de la industria de alimentos balanceado se puede concluir que el mayor **contaminante** de esta industria son las grasas y aceites.
2. Las aguas de desecho de esta industria son altamente biodegradables, ya que la **relación** de DB05 y de BQO es mayor a 0,4.
3. El sistema propuesto es una alternativa **modelo** de tratamiento **del** efluente de la industria de **alimento** balanceado de bajo **costo** y de **manejo** sencillo.
4. La **planta** de tratamiento es de **fácil** mantenimiento ya que solo necesita de limpieza y esto lo puede **hacer** cualquier obrero.
5. El sistema propuesto se basa en **los** principios de decantación-digestión en la **primera cámara** de la fosa **séptica**; decantación-digestión anaeróbica en la segunda **cámara** y el **paso** a condiciones aeróbicas en la tercera **cámara**.
6. Parte **del** diseño y dimensionamiento fue **hecho** en base a **los** **parámetros** recomendados por la Environmental Protection Agency (E.P.A), mediante programas referenciales que nos dio la pauta **para** elaborar el **diseño**, sin embargo se puede concluir que **dichas** recomendaciones tuvieron sus limitantes y por lo

tanto no se usaron estrictamente, ya que se tuvo que **hacer** correcciones en el dimensionamiento de la cámara de grasa.

7. El sistema propuesto, es una alternativa **para** la **solución** de los problemas ambientales ocasionados por esta industria, es **decir contaminación** de las aguas de descarga por grasa y aceites, las cuales **deben** estar ausentes **según las normas** de descargas de aguas industriales (Registro Oficial 1989), lo que significa que este **modelo** puede ayudar al sostenimiento de la industria a **mediano plazo**, de **tal manera** que desde **el punto** de vista ambiental, **estaría** contribuyendo al mejoramiento **del** medio.

Entre las recomendaciones están las siguientes:

1. **Para** la **construcción** de las zanjas se **deberá** realizar **primero** el ensayo de **infiltración**, y **también** un estudio **del** nivel freático de la zona donde se requiera **poner el sistema**, además de la caracterización **del** efluente.
2. El mantenimiento de la cámara de grasa es **clave para** el buen **funcionamiento del** sistema, se recomienda que la limpieza sea diaria.
3. El lugar donde vaya a ser ubicada la **planta** de tratamiento debe ser un **poco** alejado de la nave de **producción**, y si es posible un lugar solitario.

4. Encima de la **capa** vegetal de las zanjas se puede sembrar **césped**, no **árboles** porque sus **rakes** pueden romper las tuberías **del** sistema.
5. No se **deben hacer** limpiezas con cloro ni otros oxidantes fuertes ya que **mata** la flora bacteriana que **actúa** en la descomposición de la materia orgánica.
6. Se debe monitorear periódicamente **el** sistema **haciendo tomas** de agua en el pozo de **infiltración** ya que nos **dará** una idea **cómo** está trabajando el sistema.
7. En **caso** de tener un nivel freático muy alto se puede **construir** el sistema **más** alto y se debería colocar sistema de bombeo, **para** que trabaje con pendiente.
8. Se puede usar liner **plásticos** en vez de geotextil, ya que esto encarece el sistema.
9. El tiempo de vida **útil del** sistema es **para** 10 años, que es lo recomendado **para** obras de **hormigón armado**.
10. La **implementación** y **diseño** de este sistema **contribuye** al mejoramiento **del** medio, siendo uno de **los** objetivos de las Normas ISO 14.000 y por lo **tanto** el **compromiso** de la industria **para** mejorar el medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

1. **CALVO Luis**, *Uso de comederos para el control de polución en estanques y reducción de F.C.A*, Primer Congreso Latino americano de Camaricultura, Panamá, 1998, pp 8.
2. **DE MELENDEZ Ma. De Lourdes**, *Record de exportaciones ecuatorianas de camarón durante 1997*, Revista Acuicultura del Ecuador, Edición 22, pp 17.
3. **EKLUN Carl W**, *Manejo de agua residuales*, USA, 1994, pp 435.
4. **GERARD Kiely**, *Ingenieria ambiental*, MC Graw Hill, Vol II, pp 697 – 698.
5. **KEMMER F, McCALLION J**, *Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*, Manual del Agua, MC Graw Hill, Tomo II, pp 13-15
6. **McELLINEY Robert**, *Tecnologia para la fabricación de alimento balanceado*, American Feed Industry Association. Inc, U.S.A, 1994, pp 470.
7. **REGISTRO OFICIAL # 204**, *Normas de descargas*, Capitulo # 2, Articulo 43, Junio de 1989.

8. **UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID**, *Programa de diseño y cálculo de depuradoras*, Saneamiento y depuración, Software.
9. **URALITA**, Manual de depuradora, Madrid, 1995, pp 87-88, 182-189, 267-269.
10. **VIVAR Ma. Luisa**, *Alimento Balanceado elemento vital en la producción camaronera*, Revista Acuicultura del Ecuador, Edición 26, pp 5.