



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“ESTRUCTURAS DE FILTRACIÓN  
PARA GRANJAS CAMARONÍCOLAS”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**  
P R E S E N T A :  
**IRMA LETICIA MÉNDEZ HERNÁNDEZ**

ASESOR:  
**DR. ENRIQUE CÉSAR VALDÉZ**



MÉXICO, D. F.

AGOSTO 2008

# CONTENIDO

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I. FACTORES DETERMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE  
UNA GRANJA CAMARONÍCOLA.

CAPÍTULO II. CANAL DE LLAMADA Y ESTRUCTURA DE FILTRACIÓN.

CAPÍTULO III. CÁRCAMO Y ESTACIÓN DE BOMBEO.

CAPÍTULO IV. CANAL DE ALIMENTACIÓN Y ESTANQUES.

CAPÍTULO V. DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL. Y ESTRUCTURA DE  
FILTRACIÓN

CAPÍTULO VI. LABORATORIO DE DESARROLLO DE LARVAS DE  
CAMARÓN

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXO I. PLANOS

## INDICE

TEMA	PÁGINA
I.- FACTORES DETERMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA GRANJA CAMARONÍCOLA	7
I.1.- Selección del área	7
I.2.- Disponibilidad de agua	7
I.2.1.- Agua marina	7
I.2.2.- Agua de bahías	8
I.2.3.- Agua de lagunas costeras	8
I.2.4.- Agua de esteros	8
I.3.- Clima	8
I.4.- Topografía	8
I.5.- Suelo	9
I.5.1.- Características químicas del suelo	9
I.5.2.- Características físicas del suelo	9
I.5.2.1.- Granos del suelo	9
I.5.2.1.1. Grava	9
I.5.2.1.2.- Arenas	10
I.5.2.1.3.- Limo	10
I.5.2.1.4.- Arcilla	10
I.5.2.2.- Plasticidad	10
I.5.2.3.- Densidad	10
I.6.- Orientación	10
I.7.- Acceso	11
I.8.- Servicios	11
I.9.- Ecología	11
I.10.- Tecnología	11
II. CANAL DE LLAMADA Y ESTRUCTURA DE FILTRACIÓN	12
II.1.- Canal de Llamada	12
II.2.- Estructura de Filtración	12
III.- CÁRCAMO Y ESTACIÓN DE BOMBEO	18
III.1.- Cárcamo de bombeo	18
III.2.- Estación de bombeo	19
IV. CANAL DE ALIMENTACIÓN Y ESTANQUES	22
IV.1.- Canal de alimentación	22
IV.2.- Estanques	22
IV.2.1.- Tamaño de los estanques	22
IV.2.2.- Orientación	23
IV.2.3.- Profundidad de los estanques	24
IV.3.- Estructuras de entrada	25
IV.4.- Sistemas de cultivo	26
IV.4.1.- Extensivos	26
IV.4.2.- Semi-intensivo	26
IV.4.3- Intensivo	26
IV.5.- Compuerta de salida o cosecha	31

V. DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL Y ESTRUCTURA DE FILTRACIÓN	33
V.1. Descargas de agua residual	33
V.1.1. Canales o drenes de descarga	33
V.1.2. Norma Oficial Mexicana	33
V.2. Estructura de filtración	34
V.2.1 Fosa de sedimentación	35
V.2.2 Descripción del proyecto de la estructura de filtrado	35
VI. LABORATORIO DE DESARROLLO DE LARVAS DE CAMARÓN	37
VI.1. Reproducción y apareamiento	37
VI.2. Gestación y tanques nodriza	37
VI.3. Tratamiento de agua	38
VI.4. Equipamiento	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXO PLANOS	41

## INTRODUCCIÓN.

En la década de los cuarentas, los países del Sureste Asiático fueron los pioneros en cultivar camarón, seguidos por Ecuador, Panamá y Perú en el continente americano, cuarenta años más tarde.

En 1984, la sociedad cooperativa "Acuicultores del Norte de Sinaloa, S.C.L. instalaron en México la primer granja camaronícola y a partir de entonces México ha despuntado en el diseño y construcción de granjas camaronícolas, siendo los estados de Sonora y Sinaloa sus principales representantes, contando con más de dos décadas de experiencia en este rubro.

Las granjas camaronícolas por lo general se diseñan a lo largo de las costas tropicales y subtropicales para que su fuente de abastecimiento sea el agua de mar, lagunas, esteros, etc., ya que el camarón crece en estos ambientes.

Las estaciones de bombeo son indispensables para suministrar el agua hacia el canal de alimentación de los estanques; sin embargo, debido a la succión que provocan las bombas se tiene un alto índice de mortalidad de larvas de camarón y otros organismos. El propósito de este trabajo es diseñar una estructura de filtración que detenga la entrada de basura, larvas y otros organismos necesarios para el mismo sistema de cultivo y la pesca artesanal, enfocándose al sistema de cultivo intensivo.

Actualmente las granjas desechan el agua directamente al cuerpo de agua que utilizan como fuente de abastecimiento sin ningún tratamiento. En este trabajo se propone un sistema de filtración en el canal de salida a base de una fosa de sedimentación y una estructura de filtración para mejorar la calidad del agua que se descarga y minimizar el impacto ambiental en los ecosistemas.

## **I. FACTORES DETERMINANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA GRANJA CAMARONÍCOLA**

### **I.1. Selección del área**

Con el fin de evitar un impacto adverso en el ambiente se debe llevar a cabo una buena planeación nacional del uso de áreas para la acuicultura, estableciendo normas y criterios que permitan un crecimiento ordenado.

Para el uso de las áreas se tienen dos niveles de localización: la macrolocalización en la cual las instituciones oficiales se coordinan para localizar las áreas con mayor potencial de uso productivo para la acuicultura, asimismo establecen parámetros de crecimiento en el corto, mediano y largo plazo para evitar un crecimiento prematuro que limite el aprovechamiento de otras áreas de cultivo; y la microlocalización, donde la selección del área se realiza con mayor precisión, considerando un sitio con riesgo moderado de fenómenos meteorológicos como huracanes, desbordamientos de ríos próximos a las instalaciones, etcètera.

Se requiere que el área seleccionada sea de tamaño suficiente para incluir secciones y longitudes del pozo o el canal de llamada, cárcamo de bombeo, estación de bombeo, canal de alimentación, estanques de engorda y pre-engorda, estructuras de alimentación y de cosecha, sección de muros o bordos, canal de drenaje, empaque y refrigeración, planta de alimentos, laboratorio de producción de larvas, área para tratamiento de aguas, servicios complementarios de mantenimiento, vigilancia, equipos, sanitarios y oficinas. Es indispensable que cada granja incluya un área en el laboratorio para producción de algas y eclosión de artemia

Para la distribución de áreas para cada estructura es preciso analizar los factores que determinan el proyecto como son: la disponibilidad de agua, el clima, la topografía, el suelo, la orientación, el acceso, los servicios, la ecología y el sistema de tecnología seleccionado.

### **I.2. Disponibilidad de agua**

El agua es un factor muy importante para determinar el tamaño de cualquier proyecto de acuicultura. A continuación se mencionarán algunas fuentes de abastecimiento.

#### **I.2.1. Agua marina**

El agua del mar es más estable en lo que se refiere a la temperatura, oxígeno pH, y salinidad, que otro tipo de fuente de abastecimiento. Su nivel de transparencia suele ser mayor de 60 centímetros.

### I.2.2. Agua de bahías

El agua de bahías suele tener una calidad intermedia entre el agua de mar y el agua de las lagunas costeras. Su transparencia es un poco menor al agua de mar, con niveles entre 40 y 60 centímetros.

### I.2.3. Agua de lagunas costeras

Al tener relación con la zona costera, los parámetros del agua son muy variables, presentando altas y bajas temperaturas y salinidades. Su transparencia en algunas ocasiones es inferior a 40 centímetros, esto se debe a los altos niveles de microalgas.

Se recomienda que al elegir una laguna costera como fuente de abastecimiento de agua para una granja se tomen en cuenta algunos factores, como son: tamaño de la laguna, tamaño de la boca, profundidad promedio y longitud del estero donde se construirá el canal de llamada.

### I.2.4. Agua de esteros

Los esteros son cuerpos de agua pequeños y se ubican en los extremos interiores de las lagunas costeras de boca estrecha, presentan problemas de salinidad, temperatura, pH, oxígeno y niveles de productividad. Estas características físico-químicas se deben conocer muy bien antes de elegir el cuerpo de agua, ya que se debe tratar de regresar al ambiente la misma calidad que la que se utilizó en los estanques.

## I.3. Clima

El clima es un factor muy importante en todo proyecto ya que está en función de otros factores del medio ambiente como son la temperatura, el viento; la evaporación, la humedad y la luz. La temperatura determina la calidad y cantidad de la producción, mientras que el viento en combinación con el agua actúa erosionando los bordos en los estanques.

Cuando se tiene un clima cálido extremoso, la evaporación condiciona el cálculo de bombeo a los estanques y se debe llevar un control eficiente para evitar incrementos considerables en la salinidad; la humedad y la luz son factores importantes en el diseño de laboratorios para producción de larvas.

## I.4. Topografía

Es recomendable adecuar el proyecto constructivo al terreno natural tratando de respetar las pendientes naturales con el fin de tener un mínimo de movimiento de tierra y almacenar el mayor volumen de agua.

Un terreno con altura de montes y valles influirá en el viento, las precipitaciones, la radiación solar y la temperatura, teniéndose diferencias hasta de 5° en distancias de 8 metros.

## **I.5. Suelo**

El suelo es un factor de gran consideración en un proyecto de acuicultura. El estudio de mecánica de suelos requerido como parte del anteproyecto de una granja camaronera debe ser efectuado por un laboratorio especializado. A continuación se mencionan sus características más importantes.

### I.5.1. Características químicas del suelo

En base a la composición química del suelo se puede condicionar el diseño y tipo de proyecto productivo ya que los elementos químicos regulan la reacción del suelo con el agua determinando el potencial de hidrógeno (pH), el cual limita las condiciones de vida de microorganismos que pueden servir de alimento para los cultivos acuícolas.

Así, es posible elegir el suelo que contenga los elementos químicos necesarios para la población de microorganismos y obtener un ahorro en cuanto a la alimentación para la producción de camarón, pero a la vez se tiene una desventaja ya que los suelos con alto contenido de materia orgánica no son recomendables para la construcción de bordos, canales y drenes.

### I.5.2. Características físicas del suelo

Las características físicas del suelo determinan la calidad en la construcción de los estanques, a continuación se resumen las más importantes.

#### I.5.2.1. Granos del suelo

La composición del suelo se determina por el contenido de limo, arcilla y arena y cada uno de estos materiales presenta diferentes comportamientos. Con base en la observación del tamaño y forma del grano se determina si el suelo es aceptable o si es posible modificarlo por medios mecánicos como la trituración de molinos con la incorporación de cemento, cal o asfalto. El suelo se clasifica de acuerdo a su composición como se explica a continuación.

##### I.5.2.1.1. Grava

La grava no sufre cambios físicos en presencia de agua y carece de cohesión, para formar un suelo con estructura estable requiere mezclarse con limo y arcilla.

#### I.5.2.1.2. Arenas

Son granos minerales sin cohesión. Sus características son similares a la grava con excepción del tamaño. Las arenas más pequeñas son estables, presentando entre sus partículas una fuerte fricción interna sin grandes desplazamientos.

#### I.5.2.1.3. Limo

La resistencia a la fricción es menor que la arena, siendo su característica principal la tendencia a contraerse y expanderse en presencia de agua, incrementando su cohesión.

#### I.5.2.1.4. Arcilla

A diferencia de la grava y la arena, la arcilla da cohesión a los suelos uniendo a los elementos más gruesos. Es el componente más inestable del suelo y la presencia de agua modifica su estructura.

#### I.5.2.2. Plasticidad

Esta característica del suelo se observa en la resistencia que presenta ante la erosión, el agrietamiento y los asentamientos.

#### I.5.2.3. Densidad

Se determina observando la cantidad de material contenida en una unidad de volumen, al compactar el suelo por medios mecánicos o manuales se incrementa su densidad pero al mismo tiempo baja su compresibilidad. La densidad nos dice que tan permeable es el suelo.

### **I.6. Orientación**

Es importante revisar los factores de viento y asoleamiento, ya que influyen significativamente en todo proyecto acuícola. Al elaborar el proyecto de los estanques, en caso de que estos sean rectangulares de 1:5 o mayores, es recomendable que orienten su eje longitudinal en el sentido norte-sur para disminuir sombras y diferencias de temperaturas durante el invierno.

En cuanto al viento, se recomienda ubicar el eje de mayor longitud de los estanques en el mismo sentido de los vientos dominantes ya que el viento erosiona los bordos, y así se tendría un mantenimiento menor al atender los bordos de menor longitud.

### **I.7. Acceso**

Es necesario proyectar un camino de acceso para suministro de larvas, alimentos, fertilizantes, combustibles, hielo, refacciones y maquinaria y mantenerlo libre de obstáculos para lograr una eficiente comercialización del producto.

### **I.8. Servicios**

Al contar con los servicios necesarios, como son: energía eléctrica, teléfono, caminos de acceso, agua potable, etc., se tendrán ventajas en los costos de producción y comercialización.

### **I.9. Ecología**

En la actualidad se observa que únicamente es importante la selección de la fuente de alimentación del agua para los estanques. En el futuro lo importante será vigilar que otras granjas acuícolas no drenen sus estanques a las fuentes de alimentación de las actuales, ya que esto provocaría un desastre ecológico, por lo cual es importante establecer y respetar normas de conservación para el ambiente y considerar la importancia de incluir en los proyectos la inversión de filtros biológicos o lagunas de oxidación para que el agua que sea tomada del mar o de esteros sea regresada en iguales condiciones.

### **I.10. Tecnología**

Los factores expuestos anteriormente, así como el intercambio de experiencias determinarán la selección de la tecnología a emplearse para cada proyecto específico.

## **II. CANAL DE LLAMADA Y ESTRUCTURA DE FILTRACIÓN**

### **II.1. Canal de llamada**

Es un canal abierto que conduce el agua del mar o de los esteros hacia el cárcamo de bombeo. Su longitud depende de la distancia de la fuente de abastecimiento al terreno que se haya elegido para construir el cárcamo.

Su trazo se realiza tratando que la distancia más corta quede entre el nivel mínimo de la marea y el cárcamo de bombeo, conservando una pendiente del 0.00025% hacia el cárcamo. Para definir el nivel mínimo de marea y los niveles del canal es necesario consultar las tablas de mareas emitidas por el Instituto Nacional de Geofísica, además de las observaciones directas del nivel mínimo de marea en los meses críticos.

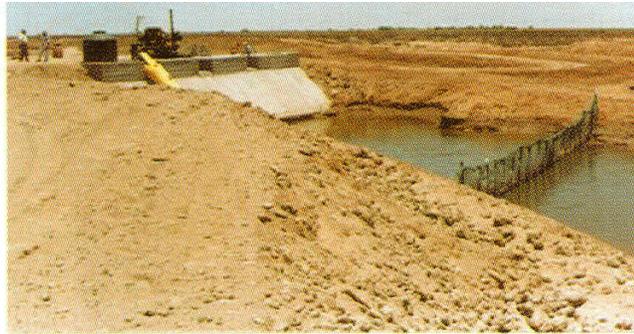
El gasto de diseño requerido en los estanques definirá el gasto de bombeo, así como la sección del canal. Para el diseño de la sección, se deberá considerar que el nivel de plantilla se encuentre como mínimo a un metro abajo del nivel mínimo de marea, se tratará de conservar la proporción de la profundidad y el ancho del canal. Se recomienda la construcción de la sección del canal que sea más profunda que ancha para garantizar un mejor flujo del agua y una mejor calidad de la misma.

Se recomienda que los taludes del canal no sean menores de 1:5 en la zona de mayor erosión que se localiza entre el nivel más alto y el más bajo de la marea, se debe tratar de conservar un talud con pendiente similar a la de los bordos en los estanques y además de contar con un camino o banquetta para el tránsito de vehículos con una longitud mínima de 4.50 metros para evitar que el producto de la excavación regrese y azolve el canal por efecto del viento o la lluvia, además de disminuir los costos de mantenimiento por azolve.

### **II.2. Estructura de filtración**

En la actualidad, en las granjas camaroneras se utiliza una malla con dos o tres palos sosteniéndola para evitar el paso de objetos y larvas en el canal de llamada, pero no dura más de un ciclo, ya que se deteriora fácilmente y en ocasiones así la dejan provocando con esto, problemas en las estaciones de bombeo (Foto 2.1).

El objetivo de esta estructura es evitar el arrastre de las larvas y alevines hacia la obra de toma de las estaciones de bombeo. El concepto general de la solución propuesta consiste en colocar dos filtros en las estructuras derivadoras o bien en los canales de llamada, evitando con el primero el paso de materiales sólidos que obstaculicen el funcionamiento del sistema (criba) y con el segundo el paso de organismos (tamiz).

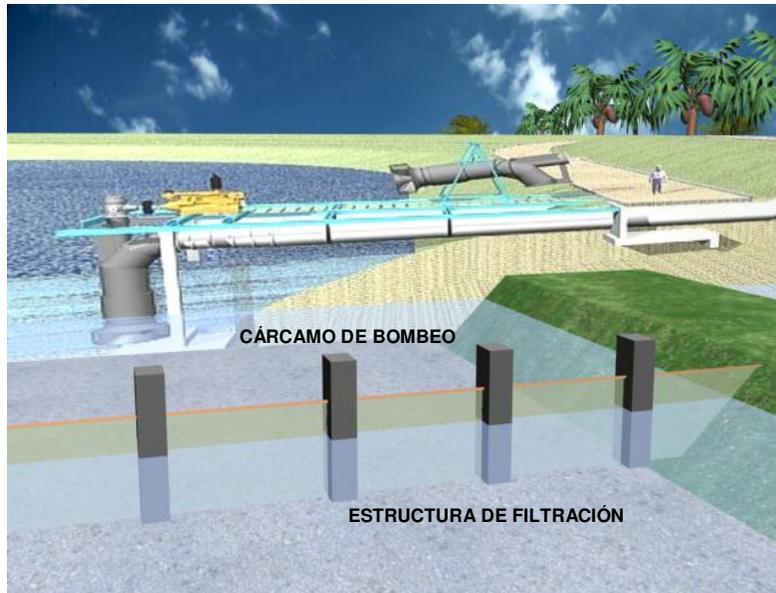


*Foto 2.1. En esta fotografía se puede observar el tipo de malla sostenida por tres palos y el deterioro de la misma en el canal de llamada de una de las granjas en el estado de Sinaloa.*

La estructura de filtración se propone que sea construida a base de postes o pilotes de concreto armado colocados en todo lo ancho del canal de llamada. Los pilotes llevarán dos canales en dos de sus lados, que servirán de guía para la colocación de las rejillas tipo compuerta, elaboradas a base de un marco de madera y malla de acero cubierta en vinil de 50 mm (2") de abertura en el caso del primer filtro, y de poliéster con una abertura de malla de 500 micras en el segundo (Plano PEF-01). Las rejillas del primer filtro (criba) deberán ser revisadas periódicamente para retirar sedimentos y basura; de igual forma para el segundo filtro (tamiz) se retirarán los sedimentos, microalgas, balanos, incrustaciones de almeja, etc. Para cada caso antes de quitar las rejillas se deberá colocar una de repuesto (Dibujos 2.1-2.8).



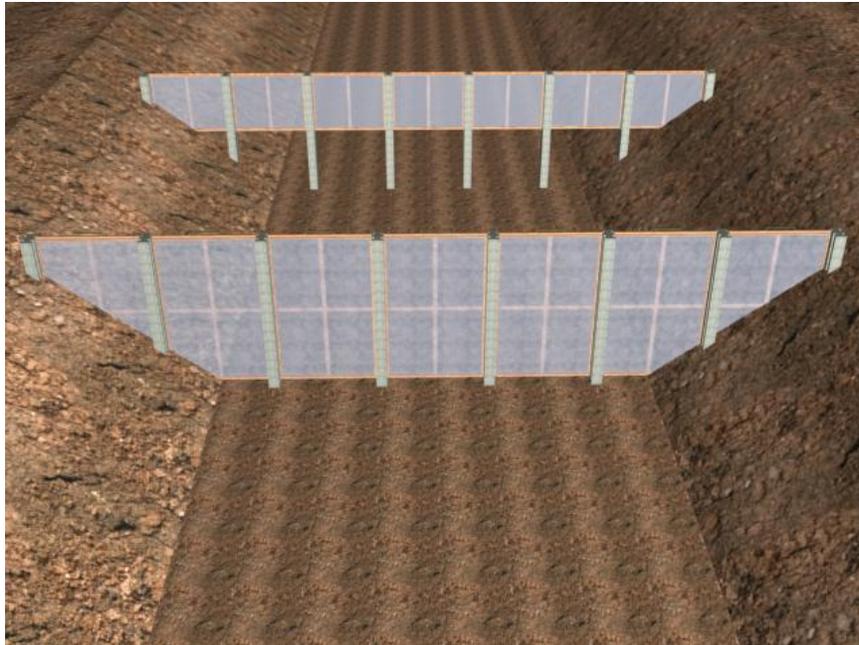
*Dibujo 2.1. En este dibujo se observa la propuesta de colocación de la estructura de filtración a base de dos filtros.*



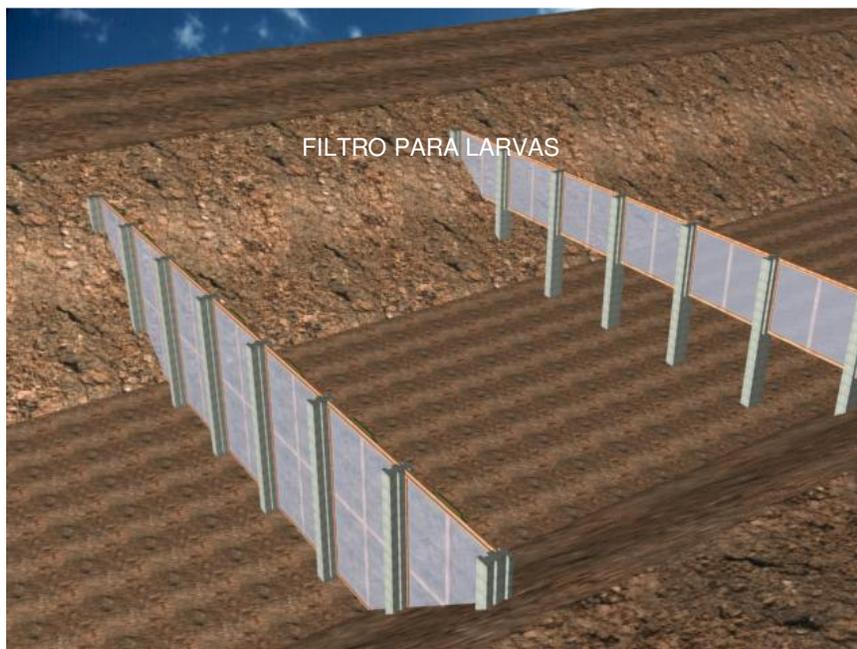
*Dibujo 2.2. En este dibujo se observa el segundo filtro antes de llegar al cárcamo de bombeo*

Uno de los puntos críticos más importantes en la operación del ciclo es que existen regiones y estaciones del año en las que se incrementa significativamente la abundancia de huevos y larvas de peces y otras especies que pueden penetrar a los cuerpos de agua.

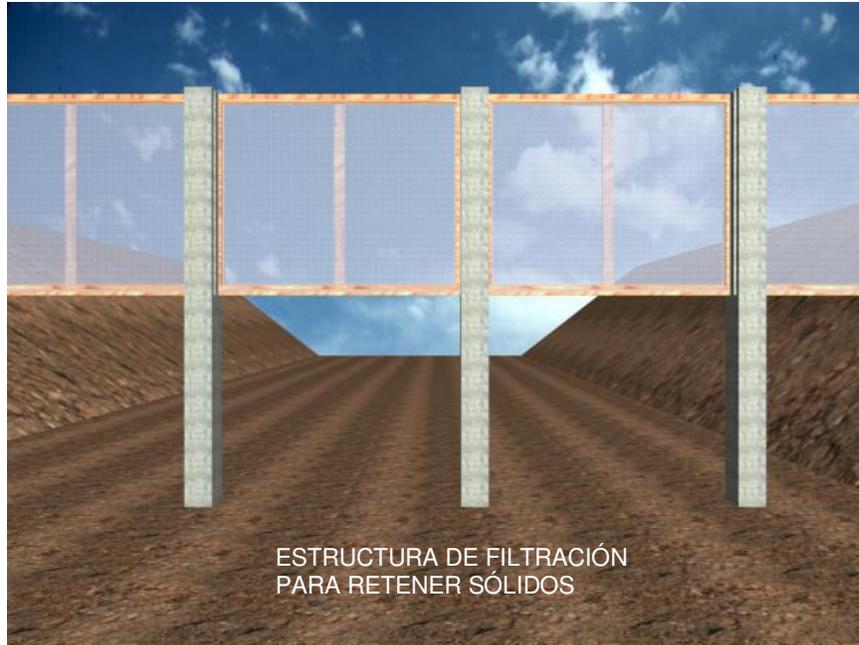
El efecto de un mal manejo o colocación de los filtros (rejillas) se va a tener cuando se observen bajas sobrevivencias o muy altas tasas de conversión de alimento. De aquí que los filtros deben ser limpiados constantemente procurando que toda el agua pase por las mallas.



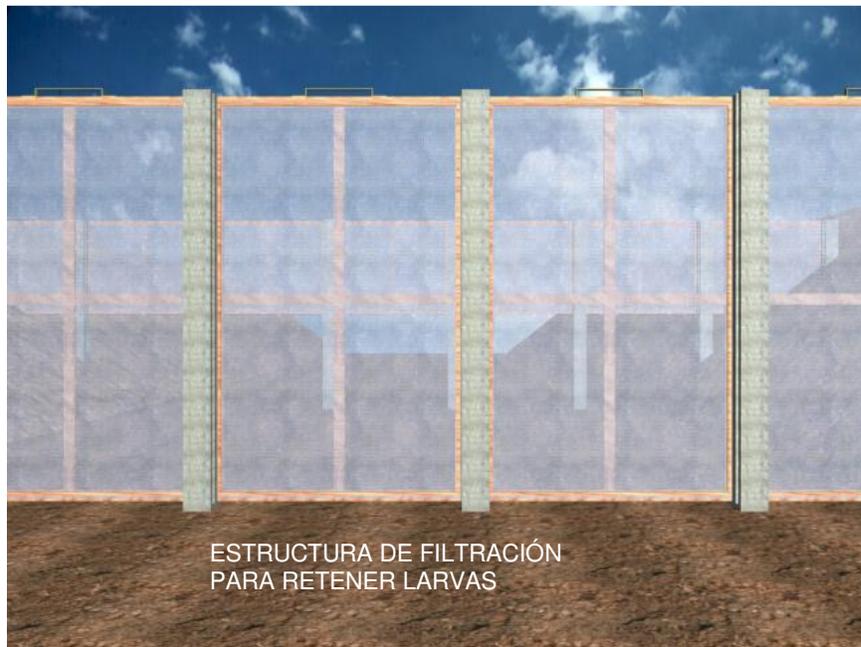
*Dibujo 2.3. En este dibujo se observan los filtros en posición frontal.*



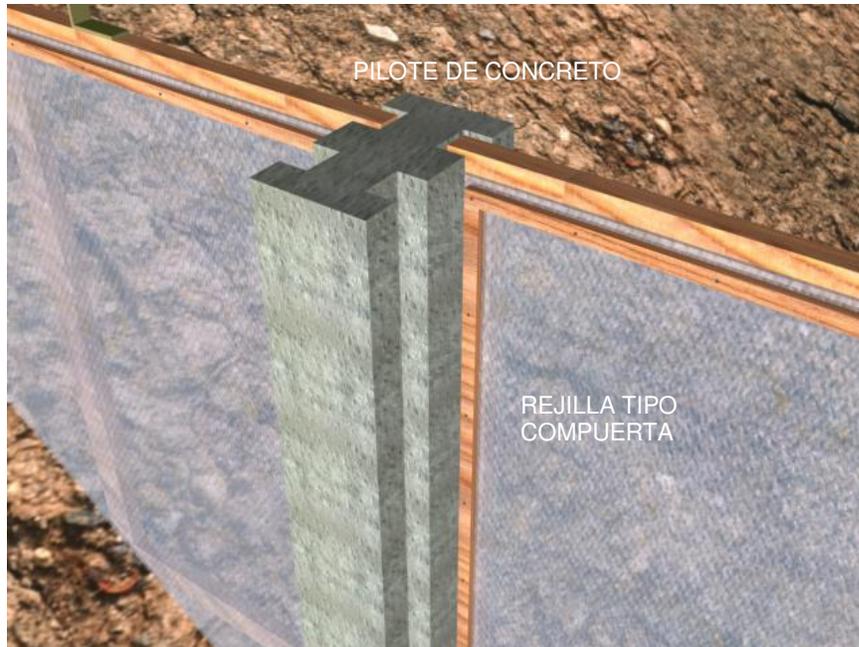
*Dibujo 2.4. En esta fotografía se observan los filtros en posición lateral.*



*Dibujo 2.5. En este dibujo se observan los filtros para retener sólidos.*



*Dibujo 2.6. En este dibujo se observan los filtros para retener larvas.*



*Dibujo 2.7. En este dibujo se observa el detalle de un pilote de concreto.*



*Dibujo 2.8. En este dibujo se observa el detalle de la rejilla tipo compuerta.*

### III. CÁRCAMO Y ESTACIÓN DE BOMBEO

#### III.1. Cárcamo de bombeo

Se ubica al final del canal de llamada, es una estructura rectangular o en forma de embudo con abertura hacia las bombas, en la cual se conserva el volumen de agua requerido para el suministro de los estanques y que se conducirá hacia el canal de alimentación por medio de la planta de bombeo.

En el área del cárcamo se recomienda construir un dentellón y una plantilla de concreto con el fin de proteger del azolve y controlar el área de succión de las bombas así como colocar materiales pétreos en el área de los taludes para evitar el azolvamiento, además de la estructura de filtración considerada en el capítulo anterior.

El volumen de agua por bombear deberá encontrarse entre el nivel de la campana de succión de las bombas más 60 cm y entre el nivel mínimo de marea. La boca de las campanas de succión de las bombas deberá diseñarse en posición paralela a la plantilla del cárcamo con el fin de evitar vórtices y la propela de impulsión se deberá colocar a 1.20 m sobre el fondo del mismo.



*Foto 3.1. Cárcamo de bombeo.*

### III.2. Estación de bombeo

Es la estructura que soporta las bombas y motores que permiten elevar y canalizar el suministro de agua hacia el canal de alimentación, su localización es entre el cárcamo de bombeo y el canal de alimentación.



*Foto 3.2. Estructura de soporte para las bombas.*



*Foto 3.3. Tubería del cárcamo hacia el canal de alimentación.*



*Foto 3.4. Salida al canal de alimentación.*

El nivel de la planta de bombeo se calcula en función de la suma de las longitudes del canal de alimentación, más la longitud a las estructuras de cosecha del estanque más remoto y la del dren en un punto de descarga. Cuando el proyecto contempla crecimiento en etapas, es importante considerar una planta de rebombeo en el canal de alimentación o en su defecto, elevar la planta de bombeo principal a una altura tal, que permita el suministro de agua al estanque más lejano de la última etapa de crecimiento, así como el adecuado drenado del mismo.

La estructura de soporte de los motores y bombas debe diseñarse considerando la cimentación adecuada al estudio de mecánica del suelo; al peso de los equipos, al empuje del agua y a la vibración de los motores. Los elementos de concreto armado deben ser estructuralmente independientes de la compactación del bordo de contención que divide al cárcamo de bombeo con el canal de llamada y de la losa de concreto que recubre al mismo.

El talud o muro que recibe la descarga del bombeo debe recubrirse con materiales pétreos, preferentemente de concreto armado y su diseño puede considerar el uso de topes o vibradores para en su caso provocar una oxigenación adicional al bombeo.

La selección de la bomba es muy importante, dado que los costos de bombeo pueden ser un gasto importante. Una selección pobre de las bombas puede duplicar o triplicar el costo de bombeo y puede incrementar significativamente los costos de mantenimiento y/o los riesgos de fallas en la bomba en momentos críticos.

Existe una amplia variedad de bombas disponibles y cada una está diseñada para una aplicación o un grupo de aplicaciones.

Actualmente, en el estado de Sinaloa se cuenta con 515 bombas distribuidas en las granjas camaroneras, utilizando un promedio de 2.5 bombas cada granja, siendo de 914 mm (36") de diámetro el tamaño más grande y de 203 mm (8") el más pequeño.

La succión de las bombas se realiza a través de la campana de succión, la cual se ubica a un nivel en el que la impelente esté a una profundidad suficiente, bajo el nivel mínimo de marea para evitar la succión del aire. La campana se instala con la boca paralela a la plantilla para evitar vórtices en la succión.

Debido al incremento constante de los equipos con agua salada y bajo condiciones altamente corrosivas y extremas, se ha incorporado en el diseño de las bombas altos estándares de resistencia y niveles de eficiencia incomparables con aplicación en otras industrias, siendo las bombas más comunes que se utilizan en Sinaloa de tres tipos:

- 1.- Bomba de flujo axial tipo inclinado.
- 2.- Bomba de flujo axial tipo vertical.
- 3.- Bomba centrífuga helicoidal de flujo mixto.

De estos tres tipos de bombas, por lo general se utilizan las bombas de flujo axial tipo inclinado estacionarias, las cuales tienen las siguientes características:

- Succión radial, resultando en una sumergencia menor, y flujo del agua con un patrón de aceleración constante.
- Impulsor con aspas de acero inoxidable, perfiladas.
- En cada bomba, los ángulos de las aspas del impulsor y de los álabes fijos, son ajustados a la altura dinámica exacta del bombeo.

El número, tamaño y capacidad de los equipos de bombeo se determinará en base al tamaño de la granja.

## IV. CANAL DE ALIMENTACIÓN Y ESTANQUES

### IV.1. Canal de alimentación

Es la obra de infraestructura que mantiene una reserva de agua suficiente para cambiar si es necesario, un porcentaje calculado del volumen total en los estanques. Su ubicación permite un flujo continuo e individual para cada estanque, mediante estructuras de concreto armado que alimentan o suministran el agua de reserva.

La longitud del canal será determinada por el trazo que permita alimentar a todos los estanques. Para calcular el volumen de reserva, así como la sección y altura del canal de alimentación, se considera la densidad de siembra y el volumen de agua que se cambiará diariamente según el manejo que se programe para todos los estanques. En la práctica se observa que los porcentajes de sustitución diaria de agua o recambio, varían del 5 al 20% del volumen total del cultivo.

El área del canal de alimentación que recibe el agua de la estación de bombeo, presenta generalmente la erosión más importante de la granja camaronera, situación que obliga a un diseño cuidadoso de la misma. Los recubrimientos pétreos y el uso de amortiguadores hidráulicos son soluciones recomendables para disminuir los costos de mantenimiento y contratiempos de operación. Por el volumen de agua que se almacena en el canal de alimentación y por su longitud, los bordos son de mayor sección que en los de estanques, así como las estructuras de alimentación son de mayor altura y nivel que las de cosecha.

Por la longitud del canal de reserva y en función de la circulación de vehículos es conveniente considerar la inversión en puentes ubicados estratégicamente sobre el canal. Preferentemente se debe considerar una estructura para filtro del canal de alimentación que se ubique frente a la recepción del bombeo, la cual además puede funcionar como amortiguador hidráulico.

### IV.2. Estanques

Están formados por bordos compactados, construidos con préstamo lateral del suelo del mismo terreno de ubicación de las granjas, cumpliendo con las especificaciones de construcción para estanques rústicos en zona de marisma.

#### IV.2.1. Tamaño de los estanques

En la camaronicultura se han desarrollado dos estrategias diferentes para definir el tamaño de los estanques:

- 1) Estrategia de crecimiento modular.
- 2) Estrategia por fragmentación o compartimentación.

En la estrategia de crecimiento modular el tamaño de los estanques se define de antemano y la granja crece, mediante la construcción progresiva de nuevos estanques que se van incorporando paulatinamente a la superficie de cultivo.

En la estrategia de compartimentación el tamaño de los estanques también es definido de antemano en el plan maestro de la granja, sin embargo, ésta inicia sus operaciones con grandes estanques que son divididos progresivamente hasta alcanzar el tamaño establecido en el proyecto. La compartimentación de los estanques se va realizando en etapas de tal manera que estos se van reduciendo en tamaño.

En ambos casos deben considerarse los factores y características de topografía, suelo y orientación, analizando la posibilidad de construir estanques irregulares en lugar de restringirse a figuras geométricas.

La dimensión del estanque se determina principalmente por la disponibilidad de agua para el recambio diario, la forma de suministrar el alimento industrializado y por la inversión en los bordos o muros de contención. La limitación en el suministro de agua puede ser por una fuente de abasto insuficiente o por un inadecuado cálculo para el gasto hidráulico de bombeo.

La sección o ancho de los estanques debe reducirse dentro de las posibilidades de funcionamiento, para disminuir la longitud e inversión del canal reservorio. La longitud estará condicionada por los tiempos para suministro de alimento.

Las pendientes longitudinales no deben ser menores de 0.00075% y las pendientes transversales y diagonales de 0.0015% (de 75 a 150 cm/km); considerando que el trazo de las mismas en el interior del estanque, permitirá una distribución homogénea del suministro de agua y drenado de la misma. El uso de canales interiores con pendientes y niveles facilita el drenado durante la cosecha. El diseño de bordos con profundidades mayores de 100 cm favorece la formación de un gradiente térmico en el agua del estanque, el cual permite al camarón la opción de seleccionar la profundidad con la temperatura adecuada para su desarrollo.

Las inversiones de obra civil para la construcción de los bordos están en relación inversa a la superficie de los estanques, es decir, que entre mayor sea el espejo de agua, menor será la inversión en construcción de bordos. La idea de construir macro estanques para abatir los costos de construcción debe revisarse considerando la inversión en equipo acuático, terrestre o aéreo y su mantenimiento para el suministro de alimento. El productor en coordinación con el diseñador y el gerente deben definir las dimensiones de los estanques, analizando alternativas de inversiones fijas y de costos por manejo y mantenimiento, hasta lograr el equilibrio económico del proyecto

#### IV.2.2. Orientación

La orientación de los estanques con respecto al viento es uno de los temas que frecuentemente se debaten cuando se revisa el diseño de una granja. Existen dos criterios diferentes al respecto, el primero se fundamenta en la orientación ideal y el segundo en los costos de construcción.

El primer criterio plantea que existen cuatro tipos de estanques con respecto a su orientación; el estanque de primera, en el que los vientos corren a favor de la compuerta de entrada, permitiendo que el agua superficial se distribuya más rápidamente; el estanque de segunda, en el que los vientos corren perpendicularmente al flujo de las compuertas; el estanque de tercera, en el cual los vientos corren contra el flujo del agua que entra en la compuerta; y el estanque de cuarta, en el cual los vientos corren oblicuos a la orientación del estanque generando en las esquinas zonas de sedimentación. Si bien este criterio debe tener un fundamento importante, debe considerarse que en muchas regiones de la costa los vientos cambian en el día y en la noche, una estación y otra, corriendo en direcciones opuestas. Por otra parte debe tomarse en consideración la densidad del agua pues también afecta la circulación entre las capas superficiales y las profundas.

En estanques grandes sólo hay dos tipos; el de primera, donde los vientos corren a favor de alguna de las caras de los estanques y el de segunda, donde los vientos corren oblicuos. El problema de estos últimos estanques es que tienden a formar áreas de depósito o sedimentación en las esquinas de ataque del viento, esto se resuelve en forma práctica, construyendo las compuertas en las esquinas. Tomando en cuenta los criterios anteriores, la decisión sobre la orientación de los estanques se realiza principalmente con base en la topografía. Además se tiene la experiencia de que las caras de los estanques perpendiculares al viento sufren una alta tasa de erosión por oleaje que sólo se puede resolver con materiales ricos en arcillas, buenas compactaciones y pendientes de los taludes superiores al índice 3 a 1. En los casos en que la proporción de arcillas sea muy pobre, se puede recurrir a recubrimiento de plástico o cemento si la erosión es muy severa y los estanques son pequeños.

#### IV.2.3. Profundidad de los estanques

En Sinaloa, la profundidad de los estanques varía entre los 60 y los 150 centímetros, siendo los más comunes de 80 cm a 1.00 m de profundidad.

Los estanques pueden ser clasificados de acuerdo a su profundidad en tres tipos:

- a) Estanques someros cuya profundidad es menor a 75 centímetros.
- b) Estanques de profundidad media entre 80 centímetros y 1.10 metros.
- c) Estanques profundos de 1.15 a 1.50 metros.

Por lo general los estanques profundos son más estables en cuanto a temperatura, salinidad, pH, oxígeno y productividad, en ellos los camarones pueden tener mayor periodo de actividad por día. Sin embargo, este tipo de estanques tienen la posibilidad de estratificarse si no existe suficiente mezcla, si hay condiciones de hipersalinidad y la diferencia de temperaturas entre el día y la noche es muy grande.

En los estanques someros, por el contrario, la temperatura tiende a ser más variable, la salinidad tiende a incrementarse más rápidamente, las variaciones de productividad

son más grandes y puede presentar caídas de productividad y de oxígeno. Con baja productividad, la actividad del camarón puede limitarse sólo a las horas nocturnas. Tiene la ventaja de que la estratificación es menos probable y pueden tener un mayor grado de mezcla.

Las variables que influyen en la profundidad del estanque son: el espesor de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero, la duración del recambio, la limpieza de las mallas de entrada y las mallas de salida.

En los modelos operativos de recambio continuo que bombean todo el día o más de 12 horas, la variación de la profundidad del estanque la determina fundamentalmente el espesor de la capa de agua que derrama en el vertedero, así como la limpieza de las mallas de entrada y salida, pues si estas se tapan pueden actuar como represas abatiendo o incrementando la profundidad operativa.

Si por el contrario, el bombeo se realiza unas pocas horas al día entonces la profundidad promedio estará determinada primordialmente por la altura del tablero de control de nivel.

Si por alguna razón se obstruyen las mallas de salida, la cresta puede aumentar mientras dure la obstrucción, incrementando la profundidad promedio del estanque.

### **IV.3. Estructuras de entrada**

El agua del canal de alimentación ingresa a los estanques a través de estructuras hidráulicas que permiten el paso del agua a través de los bordos y que se denominan compuertas de entrada, que no siempre son una compuerta y por ello también se les denomina estructuras de entrada.

En Sinaloa se utilizan tres tipos de estructuras de entrada de agua a los estanques, la estructura clásica, construida de concreto, los tubos de entrada que pueden ser de polivinilo o de polietileno de alta densidad y los vados o compuertas de cresta ancha.

- a) Compuerta de concreto.- es una estructura que atraviesa el bordo a través de uno o varios tubos que cruzan el bordo, los cuales pueden ser de concreto. En ambos lados del bordo se construyen estructuras de concreto que sirven para instalar los tableros de control de nivel y los de control de flujo o de restricción. En las mismas estructuras se colocan los filtros de control de depredadores y competidores, utilizando bastidores de malla, cribas y opcionalmente bolsas de malla conocidas bajo el nombre de calcetines, que usualmente se instalan en la parte interna de la compuerta.
- b) Tubos de entrada.- permiten incrementar el número de entradas de agua creando condiciones para un recambio más uniforme. Las puntas de los tubos se colocan a una distancia mayor de un metro de los bordos para impedir que erosionen los mismos o sean tapados por los sedimentos del bordo. En este caso el control de especies no deseables se realiza a través de cercos de malla

en la entrada de los tubos que se ubican en el canal de alimentación y filtros de calceín en la salida de los tubos que se encuentran dentro del estanque.

- c) Vados o compuertas de cresta ancha.- son pasos a desnivel sobre los bordos de los estanques que permiten el paso del agua por rebosamiento, cuando el nivel del canal de alimentación se encuentra en un nivel superior al del vado. Mediante este sistema se logra la entrada de agua de la capa más superficial del canal de alimentación. En este caso, el control de la entrada de los depredadores se realiza mediante cercos de malla o bastidores según sea el diseño de la compuerta.

#### **IV.4. Sistemas de cultivo**

El cultivo de camarón en nuestro país tiene sus antecedentes en la captura del producto mediante la práctica de atraparlo en los esteros, tapando la salida de retorno al mar abierto.

La necesidad de cultivar camarón con mayor eficiencia originó varias alternativas en el diseño y construcción de estanques, las cuales han logrado diferentes grados de tecnología para la reproducción y engorda de larvas. Los diferentes tipos de estanques se clasifican convencionalmente por el volumen de producción en relación a la superficie del estanque (kg/ha). La limitante que presenta esta clasificación de estanques, es que, dependiendo del manejo, los volúmenes de producción tienden a incrementar o disminuir.

Una referencia de mayor precisión para definir los tipos de estanques es por el grado de tecnología que aplican en la producción, actualmente se cuenta con tres modelos biotecnológicos conocidos como extensivo, semi-intensivo e intensivo, los cuales se describen a continuación:

##### **IV.4.1. Extensivos**

Se caracteriza por la ausencia de tecnología en la producción, el manejo es nulo y el control escaso. Los estanques son naturales con superficies aleatorias y no se suministra alimento. Este tipo se conoce con el nombre de tapos o encierros y su trabajo se limita prácticamente a la recolección.

##### **IV.4.2. Semi-intensivo**

Este es el tipo de explotación que se observa con mayor frecuencia en América Latina; se caracteriza por un adecuado control de los parámetros físicos y químicos del agua, el manejo y control de la producción es constante, las inversiones en movimiento de tierra son importantes, las superficies de los estanques son similares y van de 3 a 60 hectáreas. Como complemento de la alimentación natural que se produce en los estanques, se suministra alimento industrializado que dependiendo de la superficie del estanque puede ser distribuido en lancha; y al boleó con motocicletas y con camiones

adaptados con lanzadores o en superficies extensas puede requerir de avionetas para su distribución.

El cultivo semi-intensivo genera empleo para personal profesional y técnico especializado medio y mano de obra no calificada.

#### IV.4.3. Intensivo

En este tipo de cultivo se emplea tecnología mas avanzada. El tamaño de los estanques es más reducido, variando de 50 a 1500 m<sup>2</sup>, deberán conservar secciones transversales con módulos aproximados a 650 centímetros.

El suelo se compacta ligeramente y para evitar el contacto del agua con el suelo natural se utilizan materiales impermeables como el polietileno, lona plástica o cemento para evitar la filtración del agua o contaminación del suelo. Los muros laterales se fabrican con block de cemento, ferrocemento, bastidores de madera, hojas de triplay, mamparas de asbesto y otros materiales ligeros.

Una característica muy importante de estos estanques es la cubierta de polietileno, lona o lámina acrílica que controla la temperatura y el aislamiento del medio ambiente. Para el soporte de estas cubiertas se emplearán estructuras de madera, de perfiles tubulares o arcos de tubo galvanizado.

Se considerará una pendiente transversal de 5 a 15% y la longitudinal de 3 a 5 al millar para conseguir un eficiente recambio de agua, recolección de desechos y drenado.

La densidad de siembra varía de 20 a 100 camarones por m<sup>2</sup>, por lo que se lleva un estricto control de los parámetros del agua, temperatura, oxígeno y salinidad. Debido a que la calidad del agua en este tipo de cultivo se vuelve más crítica es necesario el uso de aereadores para mantener el oxígeno disuelto en niveles adecuados.

El presente trabajo se enfocará a este último tipo de cultivo, el cual comprende las siguientes etapas:

##### a) Análisis del suelo

Se deberá realizar un análisis del suelo en cuanto a los parámetros de pH y % de materia orgánica (Tabla 4.1), de ser necesario se adicionará cal para corregir el pH. Al analizar estos parámetros podemos determinar si es necesario o no realizar un lavado del fondo del estanque antes del llenado.

*Tabla 4.1. Parámetros para el suelo de los estanques.*

<b>Parámetros</b>	<b>Rango óptimo</b>
pH	7.0 - 7.5
Materia orgánica	1.0 - 2.0 ppm
Nitrógeno	40 - 60 ppm

Fósforo	70 - 80 ppm
---------	-------------

b) Preparación de filtros

Con el fin de evitar la entrada de organismos, huevos y esporas que se encuentran en los canales, esteros o lagunas, se colocarán filtros a la entrada de agua al estanque, que consistirá en una bolsa o calcetín elaborada con tela tergalina y durarán (350 y 500 micras respectivamente).

c) Llenado de los estanques

Cuando se han colocado los filtros, la compuerta de salida se sella herméticamente y se procede al llenado de los estanques. Se dejará aproximadamente 10 días para que se estabilice antes de la siembra.

d) Fertilización

Este método consiste en agregar nutrientes al agua, para que se desarrolle el fitoplancton durante el cultivo, el que por medio de la fotosíntesis produce oxígeno. Con este método se asegura la producción de microalgas en los estanques y se asegura la continuidad de la cadena alimenticia.

Estos fertilizantes de preferencia pueden ser urea y/o fosfato, de los cuales se aplicarán 30 y 2.5 kg por hectárea respectivamente al inicio y posteriormente las dosis y la frecuencia se realizarán en función de los análisis del agua que se realicen para conocer la concentración de los nutrientes y así obtener una mejor productividad.

e) Sembrado de postlarvas

Antes del sembrado de postlarvas se prenderán los aireadores para elevar el nivel de oxígeno en el agua. Es necesario checar el nivel de pH y del oxígeno antes de la siembra, el pH deberá estar entre 6.5 y 8.5 y el del oxígeno no deberá ser menor de 4 miligramos por litro.

Las postlarvas se transportan de los laboratorios especializados de reproducción a la granja por medio de bolsas de plástico saturadas con oxígeno o por medio de contenedores de plástico o fibra de vidrio.

Antes de la siembra se revisan para comprobar que lleguen en buen estado, verificando su calidad, comportamiento, su color amarillo cristalino, condiciones y hábitos de nado normales. Debido a que las características del agua y la temperatura en las que son transportadas y las del estanque son diferentes, es necesario aclimatar las postlarvas, esto se logra mezclando el agua de transporte con la del estanque haciendo pausas de 15 minutos hasta que se haya cambiado totalmente el agua de transporte.

La cantidad de organismos a sembrar depende de la disponibilidad del agua y de la inversión que se desea realizar. Dependiendo de la concentración de algas en el agua y la calidad de la misma es como se realizarán los recambios de agua.

f) Calidad del agua

Es muy importante el monitoreo de la calidad del agua para el cultivo de los organismos ya que de ella depende la productividad de las granjas acuícolas. Este monitoreo se realiza a las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua, si ésta está sucia o contaminada los camarones se enfermarán o morirán.

A continuación se analizarán los parámetros más importantes en la calidad del agua.

*Oxígeno Disuelto (O.D.)*

Es uno de los parámetros más importantes, ya que si no hay la cantidad necesaria los camarones morirán por asfixia, en la tabla 4.2 se muestran algunos rangos de concentración de oxígeno disuelto:

*Tabla 4.2. Rangos de concentración de Oxígeno Disuelto.*

<b>Concentración de O.D. y su efecto sobre los camarones (Broca, 1994)</b>	
0-1.0 mg/l	Letal
1.0-1.5 mg/l	Letal en exposiciones prolongadas
1.6-3.0 mg/l	Mala conversión alimenticia, disminución de crecimiento y resistencia a enfermedades.

Por lo tanto es necesario que los niveles de O.D. se encuentren por arriba de 5 miligramos por litro.

*Temperatura.(T °C)*

Es un parámetro muy importante ya que al existir variaciones fuertes en la temperatura del agua influye directamente en las actividades vitales de los organismos tales como la respiración, la alimentación y el crecimiento.

El fitoplancton, al igual que las plantas, produce oxígeno en el día y lo consume por la noche, es por ello que en noche al consumir oxígeno el fitoplancton y los camarones hay disminución de oxígeno y en día calurosos, cuando la temperatura se encuentra arriba de 28° provoca la descomposición de materia orgánica y con esto mayor demanda de oxígeno, la situación se vuelve crítica, por lo que es necesario el uso de aereadores para que al circular el agua, ésta entre en contacto con el aire y se oxigene.

Es por ello que se debe tener control en la temperatura, considerando un rango óptimo de 26 a 29° C, una temperatura debajo de 18°C y arriba de 39° son mortales para los organismos.

### *pH*

Es un parámetro que nos indica si el agua es ácida o básica. Es necesario tener control sobre el pH en un rango de 7.5 a 9. Debido al exceso de materia orgánica y de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se disminuye el pH, con la adición de cal se logra incrementarlo, por lo que se deberá mantener el rango óptimo.

### *Salinidad*

Es otro de los parámetros que afectan a los organismos en función de su metabolismo que regula la presión osmótica interna, ya que están habituados a cierto hábitat para vivir y reproducirse en el cual la salinidad va de 3 a 35 ppt, es necesario mantener este rango de salinidad ya que de lo contrario provocaría el debilitamiento de los organismos. Los alimentos con alta proteína ayudan a mantener el balance osmótico de los camarones.

En la tabla 4.3 se muestran rangos óptimos de estos parámetros y otros que también son importantes para obtener una buena calidad del agua en los estanques.

*Tabla 4.3. Parámetros y rangos óptimos para el agua de los estanques.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rangos</b>	<b>Frecuencia del muestreo</b>
Temperatura	(°C)	26-29	3 x día
Oxígeno disuelto	(ppm)	5-10	3 x día
Salinidad	(ppt)	3-35	2 x semana
pH	(PM)	7.5-9.0	4 x semana
Alcalinidad	(ppm)	100-140	2 x semana
Secchi disco	(cm)	35-45	1 x día
Total Amonia nitrogenada	(ppm)	0.1-1.0	1 x semana
Amonia no ionizada	(ppm)	<0.1	1 x semana
Total sulfuro de hidrógeno	(ppm)	<0.2	1 x semana
Sulfato de hidrógeno no ionizado	(ppm)	<0.005	1 x semana
Nitrógeno total	(ppm)	0.5-2.0	1 x semana
Nitrito	(ppm)	<0.5	2 x semana
Nitrato	(ppm)	0.4-0.8	2 x semana
Silicato	(ppm)	2.0-4.0	1 x semana
Fósforo reactivo	(ppm)	0.2-0.4	1 x semana
Clorofila	(ppb)	50-75	1 x semana
Total sólidos suspendidos	(ppm)	50-150	2 x semana
Bacterias totales	(UFC/ml)	<10,000	1 x semana

#### g) Recambio de agua

Entre mayor sea el número de camarones el agua se ensuciará con mayor rapidez y se determinará la frecuencia de los recambios de agua, que se recomienda hacerlos del 25% aproximadamente una vez a la semana pero eso dependerá de la calidad del agua.

Los recambios de agua ayudan a disminuir la cantidad de fitoplancton, aumentar la cantidad de oxígeno, aumentar los nutrientes, bajar la temperatura, eliminar urea, amoníaco, excremento y materia orgánica.

#### h) Alimentación

Se considera que en los primeros meses será satisfecha la alimentación de los organismos menores de 3 g debido al fitoplacton existente en los estanques, pero si no fuera suficiente se administrará un alimento casi en polvo llamado migaja; y para los organismos entre 3 y 14 g se recomienda utilizar alimento que contenga un 25% de proteína, de los 14 hasta 25 g deberá contener un 35% de proteína. Se recomienda suministrar el alimento tres veces al día, los 7 días de la semana y la cantidad dependerá del tamaño de los organismos.

#### i) Cosecha

Previo a la cosecha se identificará a los compradores del producto, el tamaño que requieren y su presentación, ya que de acuerdo a ello variará el precio y el programa de cosecha, si requieren un tamaño de 14 g se tendrá una cosecha parcial o si requieren un peso promedio de 20 g se cosechará hasta finalizar el ciclo.

Antes de iniciar este proceso se debe verificar que los camarones no estén mudando, es decir cambiando de caparazón, lo cual deteriora su calidad. Asimismo se colocarán redes en los estanques, mallas en la descarga y se preparará el equipo necesario para recolectar el producto. Posteriormente se suspenderá la alimentación un día antes de la maniobra.

Se va bajando el nivel del agua hasta que se descubra la mitad del fondo del estanque, se arrastra la red de las orillas hacia el centro y la salida del agua y se vacía el estanque. El producto se va colocando en unas tinas que contienen agua enhielada que sirve para ocasionar la muerte del camarón por shock térmico, se lavan y se meten en hieleras con hielo molido en proporción 1 o 2 veces el peso cosechado para proceder a transportarlo hacia su distribución.

### **IV.5. Compuerta de salida o cosecha**

Esta compuerta consta de tres partes; una parte interna que está diseñada tanto para el control del nivel del agua como para que el camarón entre a la compuerta, una tubería que atraviesa el bordo del estanque y una parte externa que sirve para la

cosecha. Se construye en la parte más profunda del estanque a un nivel que permita el vaciado total del mismo.

Tiene un diseño que permite un flujo rápido para que el camarón salga en el vaciado. En la cara interna cuenta con ranuras para la instalación de las cribas, los bastidores, los tableros de control de flujo o restricción y el tablero de control de nivel.

Las cribas y los bastidores se van cambiando a lo largo del ciclo de cultivo para incrementar la luz de malla de los mismos y su función es evitar que el camarón se salga durante el recambio. Los tableros de control de flujo sirven para seleccionar la profundidad de la capa de agua que será removida durante el recambio, mientras que el tablero de control de nivel tiene como función establecer la profundidad operativa del estanque.

En la parte externa cuenta con una estructura que facilita la cosecha, por lo general cuenta con un tubo que sobrepasa el muro de concreto para poder amarrar las bolsas de cosecha. Puede contar con escaleras de acceso y con postes o estructuras para elevar las bolsas durante la cosecha.

## V. DESCARGA DE AGUA RESIDUAL Y ESTRUCTURA DE FILTRACIÓN

### V.1. DESCARGA DE AGUA RESIDUAL

#### V.1.1. Canales o drenes de descarga

Los canales o drenes de descarga son parte importante de la infraestructura que engloba a la granja camaronícola, ya que por medio de ellos se desaloja el volumen de agua que se utiliza en los recambios para sanear el agua en los estanques, asimismo son los medios por los que se desecha el agua al momento de la cosecha.

Como ya se mencionó, en los estanques se construyen estructuras de concreto por las que se realiza la descarga del agua hacia el canal. Este se ubicará de tal manera que todos los estanques puedan desaguar hacia él y su longitud estará en función al número de estanques así como su tamaño que estará en función de la máxima descarga.

#### V.1.2. Norma Oficial Mexicana

La norma que regulará la descarga de aguas residuales de los estanques a los cuerpos de agua, que en este caso sería las aguas costeras es la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles para contaminantes básicos en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, los cuales se presentan en la tabla 5.1.

*Tabla 5.1. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.*

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																
PARÁMETROS	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS					
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)	
(mg/l, excepto cuando se especifique)	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Grasas y aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Sólidos Suspendidos totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Donde:

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006

P.D.= Promedio diario; P.M. = Promedio Mensual

N.A. = No es Aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos.

## **V.2. Estructura de Filtración**

En el año 2003 el Instituto de Sanidad Acuícola y la UNAM elaboraron un estudio para determinar el impacto de descargas y tomas de agua de granjas de camarón en los estados de Sinaloa y Sonora, concentraron el estudio en estos estados ya que en ellos se localizan la mayoría de las granjas.

Para llevar a cabo el estudio del agua en las descargas, el sitio elegido fue el “Estero de Urías”, en el estado de Sinaloa, ya que en él se ubican tres granjas camaronícolas. El estudio se basó en muestreos de agua realizados durante tres meses, junio, julio y agosto del año 2003.

En el primero muestreo se tomaron dos muestras de agua en el canal de descarga de la granja más grande, ubicada en el estero de Urias, el 12 de junio durante sicigia con el objeto de considerar las condiciones extremas, una en pleamar y otra en bajamar, ocho días después de haber cosechado.

El segundo muestreo se realizó el 9 de julio durante cuadratura, en la etapa inicial del cultivo.

El tercer muestro se realizó el 20 de agosto guante cuadratura, 48 días después de haberse iniciado el cultivo.

El último muestreo se realizó el 26 de agosto en pleamar durante sicigia, 54 días después de haberse iniciado el cultivo.

Se analizaron varios parámetros como son: salinidad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, fósforo disuelto y total, nitritos, amonio, nitratos y nitrógeno total. Los resultados de estos muestreos indicaron que los valores del parámetro correspondiente a sólidos suspendidos totales se elevan considerablemente en el periodo de la post-cosecha.

Actualmente se tiene el mayor número de granjas en el estado de Sinaloa y después de cuatro años de haberse realizado el estudio el problema se ha incrementado, es por esto que en el presente trabajo se propone el diseño de una estructura de filtración para que el agua que se descarga de los estanques a los cuerpos receptores sea de mejor calidad.

Este problema de contaminación de esteros y lagunas costeras debido a la descarga de agua que es utilizada para el cultivo de los camarones en los estanques de las granjas, es ocasionado por la descomposición de algunos camarones, así como de sus heces fecales; los desechos de alimento, y los desechos de otros organismos acuáticos que habitan en los estanques.

Este problema es ya crítico, ya que existe un número considerable de granjas y muy cercanas unas de otras. Es por esto que se elaboró un proyecto que consiste en una fosa de sedimentación y una estructura de filtración para mejorar la calidad del agua que se descarga en los cuerpos de agua receptores.

#### V.2.1 Fosa de sedimentación

La fosa de sedimentación se ubicará entre 5 y 10 metros después de la descarga del último estanque en sentido transversal al canal o dren de descarga. Su tamaño será rectangular, de 20 m en sentido longitudinal a la corriente y 30 m en sentido transversal. En el fondo de la zanja se colocará una plantilla de concreto  $f'c = 100$  kg/m<sup>2</sup>, los taludes serán variables y tendrá una profundidad de 1.00 metro.

La finalidad de la fosa es disminuir la velocidad del agua que es desalojada de los estanques y lograr que la mayoría de las partículas de sólidos como es el excremento de los camarones, desechos de alimento, etc., se sedimenten. Esta área de sedimentación variará en función del volumen a drenar de cada granja.

La fosa de sedimentación se desazolvará después de cada ciclo o cuando ésta se encuentre saturada retirando el material por medios mecánicos y depositándolo en una zona de tiro autorizada.

#### V.2.2 Descripción del proyecto de la estructura de filtrado

A unos metros después de la fosa, el canal se bifurcará para posteriormente continuar un sólo canal que finalizará con la descarga al cuerpo de agua receptor. En medio de cada canal se ubicará una estructura de filtrado (Plano PEF-02).

En el tramo de bifurcación, cada canal contará con dos compuertas una al inicio y otra al final, para desviar el agua cuando requieran mantenimiento las estructuras de filtrado y para la limpieza de dragado de los canales.

Para las compuertas, se proyectó la instalación de pilotes de concreto armado de 0.20 x 0.20 m con muescas de 0.05 x 0.05 m para la colocación de las agujas de madera, la longitud de los pilotes será variable.

Con la estructura de filtrado se conseguirá filtrar a los sólidos que hayan pasado por la fosa de sedimentación y en su parte central trabajará como vertedor.

Estas estructuras se proyectaron en su parte central a base de gaviones de diferentes tipos, teniendo en la cimentación, el gavión tipo H (colchoneta) de 3.0 x 1.0 x 0.3 m y muro de 1.0 x 2.50 m en todo lo ancho del canal y en el vertedor de 1.0 x 2.00 metros. Este muro se proyectó a base de gaviones tipo A de 2.0 x 1.0 x 1.0 m y en la parte del vertedero con gaviones tipo D de 2.0 x 1.0 x 0.5 metros.

Este muro se estabilizará con un talud 1.5:1, que consistirá en la parte interna de arena, continuando con grava y su parte exterior con pedraplen en dos capas, roca de 15 a 25 kg juntado con hueso. En la parte de unión del talud con los gaviones se colocará geotextil pavitex 350.

Las estructuras de filtrado trabajarán alternadamente con la finalidad de darles mantenimiento cuando se saturen, abriendo y cerrando las compuertas que correspondan.

Su mantenimiento se realizará retirando los materiales que forman el talud, que son la roca, la grava, la arena y el geotextil, en el caso de la roca y la grava se lavarán y se colocarán nuevamente de acuerdo a las líneas y niveles del proyecto, en el caso de la arena y el geotextil se reemplazarán con material nuevo.

## **VI. LABORATORIO DE DESARROLLO DE LARVAS DE CAMARÓN**

Los laboratorios de desarrollo de larvas de camarón son piezas clave para el desarrollo de la acuicultura. Las granjas camaronícolas pueden construir su propio laboratorio o bien adquirir las larvas de camarón en alguno de los laboratorios que se dedican exclusivamente a dicho cultivo, siempre y cuando cuenten con el permiso correspondiente para su comercialización.

La construcción de laboratorios puede ser a base de mampostería con losas de concreto o a base de estructuras tubulares con cubierta de lámina translúcida.

Las áreas con que deberá contar un laboratorio son: reproducción y apareamiento, gestación y tanques nodriza, producción de algas, producción de artemia y mantenimiento, las cuales se describen a continuación.

### **VI.1. Reproducción y apareamiento**

En el área de reproducción se instalarán recipientes circulares a base de triplay de 6 mm de grosor o de ferrocemento forrados de polietileno negro, con diámetros promedio de 3.10 m y altura de 1.20 m o bien, recipientes rectangulares contruidos con block de cemento y estructura de concreto armado, de 6.00 m x 12.00 m con altura de 0.90 m, manteniendo por separado a los reproductores machos y hembras para posteriormente inducir el apareamiento durante la madurez geonadal.

Para la recolección de los huevos fecundados es necesario que los tanques de apareamiento cuenten con una elevación de 0.60 m y válvulas instaladas para controlar el drenado y la recolección.

### **VI.2. Gestación y tanques nodriza**

Los huevos fecundados en el área de apareamiento son transportados a los tanques nodriza donde se lleva a cabo el desarrollo larvario. Estos tanques serán circulares con diámetro de 0.90 a 2.10 m y altura de 0.70 a 1.60 m y el fondo tendrá un diseño cónico que permitirá recolectar los desechos tóxicos que se acumulan en los tanques. En el centro de los estanques se instalará una válvula que distribuirá el oxígeno homogéneamente.

El material con que se construyen es muy importante, ya que deberá mantener una temperatura del aire elevada para evitar que el agua de los tanques pierda calor, por lo general se utiliza fibra de vidrio, con tubería y válvulas de P.V.C Para la colocación de la tubería y las válvulas es necesario que los tanques se instalen 0.60 m sobre el nivel del piso, y así tener espacio para la recolección de larvas, dispositivos de manejo y aseo.

En algunas regiones se presentan diferencias en la temperatura diurna y nocturna por lo que se deberá inyectar aire caliente por medio de calentadores de gas o

cuando sea necesario utilizar calderas para elevar la temperatura del agua de los tanques.

### **VI.3- Tratamiento de agua**

El agua utilizada en los tanques para el desarrollo larvario deberá llevar un tratamiento a base de filtros de arena y filtros de luz ultravioleta. Los filtros de arena separarán los sólidos finos y gruesos y los filtros de luz ultravioleta o de membrana osmótica se utilizarán para eliminar las bacterias

### **VI.4. Equipamiento**

El laboratorio deberá contar con el equipo necesario para mantener los parámetros físico-químicos del agua, y así obtener un buen desarrollo de las larvas.

Para la instalación hidráulica se deberá contar con el siguiente equipo:

- Tubos y válvulas de P.V.C., mangueras flexibles transparentes en las líneas de alimentación.
- Equipo de bombeo necesario para el recambio diario de agua.
- Filtros de arena y de luz ultravioleta.

Para la instalación sanitaria se deberá contar con el siguiente equipo:

- Tuberías y válvulas de P.V.C.
- Filtros de mallas graduadas.
- Válvulas para el control de desagüe en los tanques de cultivo y de reproductores.
- Registros de mampostería.

Para la instalación eléctrica se deberá contar con el siguiente equipo:

- Conductores tipo AWG con recubrimiento autoextinguible para la iluminación del laboratorio.
- Línea de alimentación para el equipo de bombeo.

Se requiere además de los equipos de aereación, calentadores de aire y calentadores de agua; en el caso del equipo de aereación es necesario disponer de dos motores como mínimo para efecto de reparación o mantenimiento. En el caso de los calentadores de aire los ductos de inyección pueden ser de lámina galvanizada o de polietileno. Los calentadores de agua serán calderas de tipo industrial.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se cumplieron los objetivos señalados al inicio del presente trabajo, ya que se logró diseñar las estructuras de filtración tanto en el inicio del canal de llamada como al final en el canal de desagüe, sin embargo, son propuestas que estarán en función del tamaño de la granja, es importante hacer notar que la inversión que se requiere se justifica por la problemática que atraviesan las descargas de las granjas en materia de Impacto Ambiental, de reducción de capturas de especies comercialmente importantes, así como de la calidad del agua.

En términos generales, no hay proyectos iguales, aún cuando se construya uno junto a otro y se inicie en la misma fecha. Cada proyecto es específico y tiene un costo de inversión diferente.

Establecer parámetros para lograr diseños eficientes con inversiones razonables, será un proceso de revisión continua en el desarrollo constructivo de la acuicultura.

Los proyectos con sistema de explotación intensivo, que se han establecido hasta este momento, pueden considerarse adecuados a las condiciones climatológicas de nuestro país aún cuando su rentabilidad actual es atractiva, tiene muchos elementos, áreas y sistemas con potencial para mejorar la eficiencia de producción y la problemática que pueden enfrentar los productores debe ser resuelta con un proceso de investigación, análisis, revisión y comunicación continua

Se recomienda concertar los intereses del técnico responsable de la producción, con los criterios técnicos de los responsables de las construcciones al momento de fijar prioridades en sus respectivos programas de trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

Diseño de una explotación camaronícola. Fira boletín informativo. 31 de julio de 1996. volumen XXIX. Núm. 284.

Protocolo de buenas prácticas de manejo de bioseguridad en granjas camaroneras en Sinaloa. ISA (Instituto Sinaloense de Acuacultura).

Guía práctica para el cultivo de camarón. Dirección de Pesca de la Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Baja California. 2001

Formación de administradores de granjas acuícolas. Bancomext. 1997

Estudio de factibilidad para el desarrollo de una granja camaronícola. Productos Acuícolas Mexicanos, S.A. de C.V. 1993.

Estudio para determinar el impacto de descargas y tomas de agua de granjas de camarón en los estados de Sonora y Sinaloa. Unidad Académica Mazatlán. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM. Septiembre de 2003.

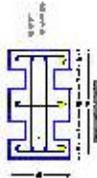
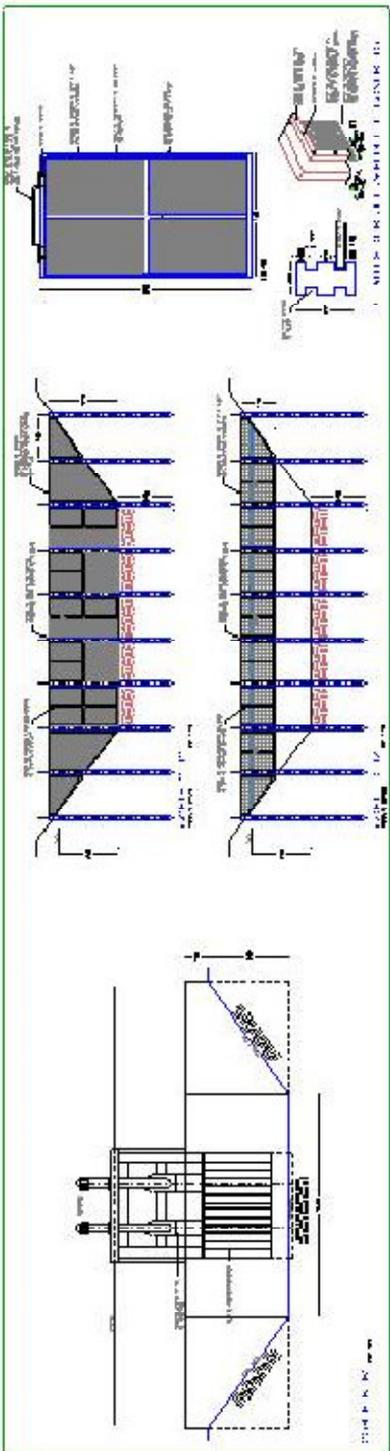
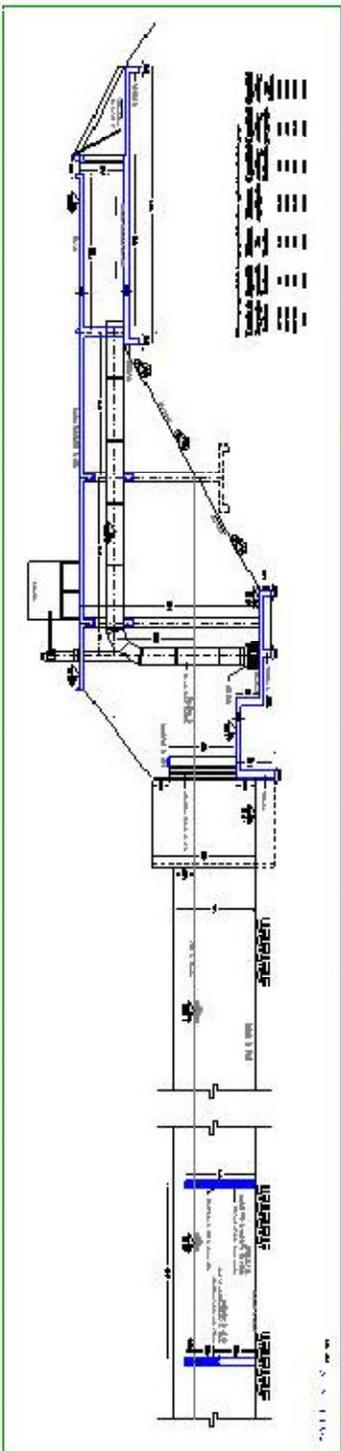
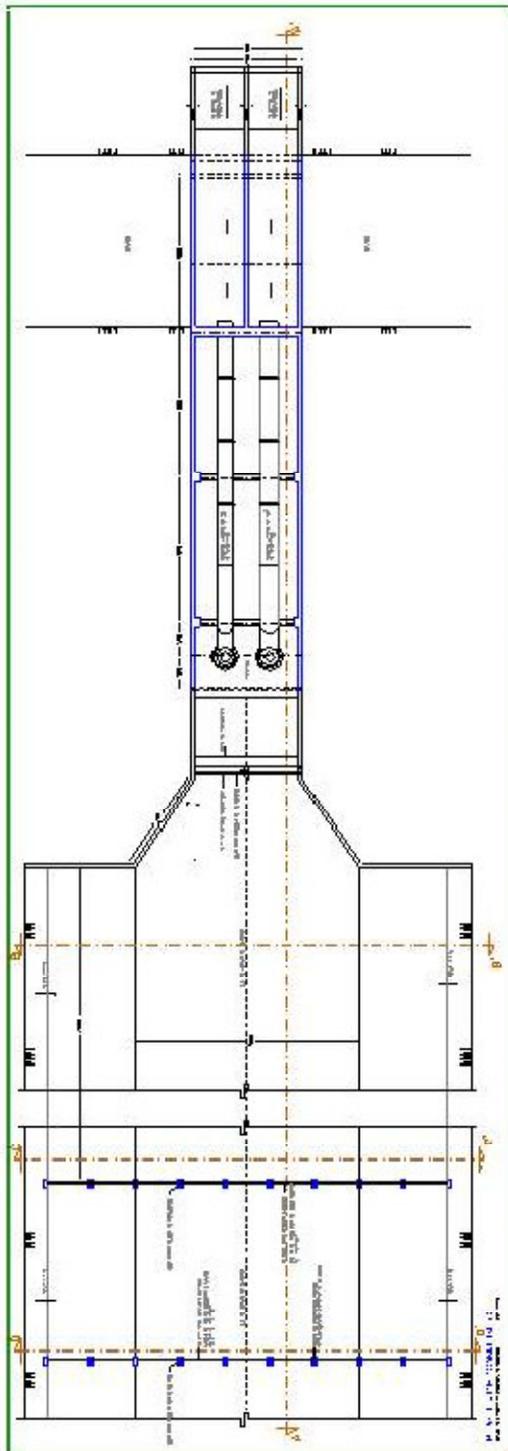
Diagnóstico Integral de las Granjas Acuícolas Camaroneras en el estado de Sinaloa. Secretaría de Pesca. 1991.

Lyle Fritch, L. P., E. Romero Beltrán y Bect Valdéz J. Desarrollo y Características de las Granjas Camaronícolas en Sinaloa, México. Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Programa Universitario de alimentos y el Colegio de Sinaloa. 2001.

## ANEXO

**Figura 4 - 2D - planta**

ANTENAS V. DIVISÃO EM UNIDADES  
 TEM 14 UNIDADES COM 25 METROS DE LARGURA E  
 100 METROS DE COMPRIMENTO. A DISTÂNCIA ENTRE AS  
 UNIDADES É DE 10 METROS. O PISO É DE CIMENTO  
 E O TETO É DE ALUMÍNIO. O PISO É DE CIMENTO  
 E O TETO É DE ALUMÍNIO. O PISO É DE CIMENTO  
 E O TETO É DE ALUMÍNIO.



Nome	Projeto
Matrícula	Disciplina
Curso	Assunto
Prof. Orientador	Assunto
Assunto	Assunto

