



Ley 65 de 1988

Código ICFES 1122 de 1995

## **Acompañamiento en el funcionamiento de un sistema de recirculación de aguas en Acuicultura**

**Edwar Francisco Jiménez Salas**



UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN ACUICULTURA  
BUENAVENTURA, COLOMBIA  
2023



Ley 65 de 1988  
Código ICFES 1122 de 1995

**Acompañamiento en el funcionamiento de un sistema de recirculación de aguas en  
Acuicultura**

**Edwar Francisco Jiménez Salas**

Tesina presentada como requisito para optar al título de:  
Tecnólogo en Acuicultura

Directora:  
Mg. Sandra Liliana Lamouroux López

Codirectora: PhD. Olga Lucia Rosero

Línea de Investigación  
Sistemas de recirculación de aguas

UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN ACUICULTURA  
BUENAVENTURA, COLOMBIA  
2023

## **DEDICATORIA**

Este se lo dedico a toda mi familia, en especial a mi madre Lexa Minelly Salas Gamboa, por haberse desvivido para darnos a mí y a mis hermanos Jhon Ector Jiménez Salas y Danny Cristina Jiménez Salas, lo mejor que pudo, por habernos enseñado valores y a comportarnos de una manera correcta, siempre buscando superarnos a nosotros mismos día a día y que a pesar de las adversidades y de los malos ejemplos que da nuestra generación, debemos marcar la diferencia siendo disciplinados y luchando por lo que queremos.

También quiero dedicárselo a dos personas muy importantes en mi vida que me han acompañado en este proceso, mi tía Nelly Mercedes Salas Gamboa y a mi tío Misael Mosquera Viveros, ellos son como mis padres, me han guiado por la vida con su buen ejemplo e inculcándome muchos valores, ya que al final eso es lo que hace a una buena persona.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que me han acompañado en este proceso de mi vida, más que todo a mi familia que siempre ha estado para mí, en los buenos y no tan buenos momentos. Ellos me han brindado un apoyo incondicional, me han ayudado a levantarme cuando ni yo mismo creo que puedo hacerlo.

Por otro lado, también quiero agradecer a la profesora Sandra Liliana Lamouroux y a la profesora Olga Lucia Rosero, son muy buenas personas y me han guiado en este proyecto de grados, sin ellas, esta investigación no hubiese sido posible.

## RESUMEN

Los sistemas de recirculación agua (SRA) se utilizan en la acuicultura en la producción superintensiva y fiable principalmente en el cultivo de peces marinos y aguas cálidas como Tilapia, Bagre y Anguila. Al tiempo que han logrado importantes ahorros de energía y agua, siendo uno de los sistemas de producción sostenibles. Por esta razón el presente estudio pretende implementar los elementos individuales que componen un sistema de recirculación de aguas como son: tanque de peces, sedimentador, biofiltro y bomba. También establecer los flujos de aguas en los diferentes componentes del sistema de recirculación y determinar el tiempo de residencia del agua en los diferentes componentes del sistema de recirculación (Bacaicoa, 2009).

Se usó como tanque de cultivo, un recipiente con un volumen de 26 litros, como sedimentador, se usó un recipiente de color verde oscuro con un volumen de 8 litros, como biofiltro, se usó un recipiente de color rojo con un volumen de 5 litros y se usó una bomba de modelo 3320, con una altura máxima de 1.6 metros.

El recambio de agua del sistema RAS fue de 19,5 veces al día, lo que nos da a conocer que cada 1.2 horas se recambia el 100% del agua del tanque donde se cultivan los peces. Esto garantiza una buena calidad de agua en el sistema e influye en que los animales cultivados estén con probabilidades bajas de ser atacados por algún tipo de patógeno.

Palabras Claves: *Componentes, clarificadores, sistemas de recirculación, biofiltro, producción sostenible.*

## **ABSTRACT**

Recirculation aquaculture systems (RAS) are used in aquaculture in super-intensive and reliable production mainly in the cultivation of marine and warm water fish such as Tilapia, Catfish and Eel. At the same time, significant energy and water savings were achieved, being one of the sustainable production systems. For this reason, this study proposes to implement the individual elements that make up a water recirculation system such as: fish tank, settler, biofilter and pump. It is also possible to establish water flows in the different components of the recirculation system and determine the residence time of the water in the different components of the recirculation system (Bacaicoa, 2009).

As culture tank was used a container with a volume of 26 liters, as a settler, was used a dark green container with a volume of 8 liters, as a biofilter, was used a red container with 5 liters of volume and a water pump, model 3320, was used, with a maximum head of 1.6 meters.

The water exchange of the RAS system was 19.5 times per day, which gives us the idea that every 1.2 hours 100% of the water in the tank where the crops are grown is exchanged. This guarantees good water quality in the system and ensures that farm animals have a low chance of being attacked by some type of pathogen.

*Keywords: Components, clarifiers, recirculation systems, biofilter, sustainable production.*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. FORMULACIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1 SISTEMAS DE RECIRCULACION DE AGUAS	4
3.1.1 Elemento del sistema de recirculación de aguas	4
3.1.1.1 Los tanques de los peces	5
3.1.1.2 Las bombas de agua y aireadores	6
3.1.1.3 Sedimentadores o clarificadores	7
3.1.1.4 El biofiltro.	8
4. METODOLOGÍA	10
4.1. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO	10
4.2. IMPLEMENTACIÓN	11
4.2.1. Sistema hidráulico	11
4.2.3. Sedimentador y biofiltro	13
4.2.4. Sistemas de Aireación	13
4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	14
5. RESULTADOS	15
6. DISCUSIÓN	16
REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS	17

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Resultados del sistema hidráulico del RAS ..... 15  
Tabla 2. Área de fijación del biofiltro. .... 15



## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Tanque de organismos .....	10
Figura 2. Sedimentador y biofiltro.....	11
Figura 3. Conexión hidráulica.....	12
Figura 4. Bomba y recepción de agua.....	12
Figura 5. Biofiltro .....	13
Figura 6. Sistema de aireación. ....	14
Figura 7. Esquema del sistema hidráulico del RAS.....	15

## INTRODUCCIÓN

“La importancia de los sistemas de recirculación se usa a nivel industrial principalmente para la producción de semillas de peces marinos y anádromos y la producción de animales y aguas cálidas como tilapia, bagres y anguila, en regiones de clima templado” (Piedrahita, y otros, 2011).

Los sistemas de recirculación de aguas que suelen ser llamados “RAS por sus siglas en inglés (Recirculation aquaculture systems), son una tecnología para la cría de peces u otros organismos acuáticos donde el agua de cultivo es reutilizada luego de ser tratada por métodos físicos, químicos y biológicos” (Urbano, 2013).

“La transición de los sistemas de producción convencionales a los sistemas de recirculación de agua (SRA) es crucial porque estos sistemas permiten una producción más eficiente y confiable al mismo tiempo que ahorran mucho dinero en energía y agua en comparación con los sistemas de circuito abierto, que a todos los niveles serían insostenibles. Los sistemas de recirculación de agua (SRA) han hecho posible una producción más intensiva y fiable al mismo tiempo que han logrado ahorros significativos en energía y agua que en circuito abierto hubieran sido simplemente insostenibles a todos los niveles”. (Bacaicoa, 2009).

Existen algunos componentes indispensables para el buen funcionamiento de un sistema RAS:

- Tanque de cultivo
- Bombas de agua y aireadores
- Sedimentador y clarificadores
- biofiltrador

“Un sistema de recirculación mantiene un favorable ambiente de cultivo mientras provee un adecuado crecimiento y alimentación. Proporcionando agua de buena calidad debido al constante recambio y rehúso del agua del sistema” (Montaña , 2009).

“Otro aspecto relevante es que la calidad del agua depende de los sistemas de tratamiento (operaciones unitarias) y no del agua afluyente.

- Renovación menor al 10% del volumen total del sistema al día.
- Agua renovada al día por kg de alimento entregado
- Agua renovada al día por kg de pez producido” (Merino, Barraza , Varela, & Silva, 2015) .

## **1. FORMULACIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

No se ha realizado investigación de hidráulica a sistemas de recirculación de agua (RAS) en Buenaventura, esta investigación nos permite aumentar la cantidad de fluidos hídricos que están circulando en el sistema. Sin embargo, se debe conocer del tema, aprovechando la literatura que existe sobre hidráulica. Un componente muy importante en la hidráulica es la bomba, que tiene un papel muy importante en el funcionamiento del sistema de recirculación de agua. La hidráulica es importante porque nos da la velocidad y los recambios en los diferentes componentes de un sistema RAS, ya que si el agua va muy rápido los componentes no cumplirán la función para la que fueron diseñados.

Un componente muy importante en la hidráulica es la bomba, que tiene un papel muy importante en el funcionamiento del sistema de recirculación. La hidráulica es importante porque nos da la velocidad y los recambios en los diferentes componentes de un sistema RAS, ya que si el agua va muy rápido los componentes no cumplirán la función para la que fueron diseñados. En la zona de Buenaventura no se han realizado investigaciones de hidráulica a sistemas de recirculación de agua (RAS) y con este trabajo nos permitirá conocer la cantidad de fluidos hídricos que están circulando en un sistema experimental, además es de suma importancia tener claridad sobre este tema y apoyarnos en la literatura existente que permitan mejorar los sistemas productivos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Acompañar en el montaje y puesta en funcionamiento de un sistema de recirculación de aguas.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Implementar los elementos individuales que componen un sistema de recirculación de aguas como son: tanque de peces, sedimentador o clarificador y biofiltro.

Establecer los flujos de aguas en los diferentes componentes del sistema de recirculación.

Determinar el tiempo de residencia del agua en los diferentes componentes del sistema de recirculación.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 SISTEMAS DE RECIRCULACION DE AGUAS

##### 3.1.1 Elemento del sistema de recirculación de aguas

“Los RAS son sistemas intensivos altamente productivos, ecológicos y eficientes en el uso del agua, que no están asociados con impactos ambientales adversos, como la destrucción del hábitat, la contaminación del agua y la eutrofización”. ( Reyes Bedriñana, 2022).

Los sistemas de recirculación de aguas que suelen ser llamados “RAS por sus siglas en inglés (Recirculation aquaculture systems), son una tecnología para la cría de peces u otros organismos acuáticos donde el agua de cultivo es reutilizada luego de ser tratada por métodos físicos, químicos y biológicos” (Urbano, 2013).

“Los sistemas de recirculación se usan a nivel industrial principalmente para la producción de semillas de peces marinos y anádromos y la producción de animales y aguas cálidas como Tilapia, Bagres y Anguila, en regiones de clima templado”. (Piedrahita, y otros, 2011).

“Un sistema de recirculación mantiene un favorable ambiente de cultivo mientras provee un adecuado crecimiento y alimentación. Proporcionando agua de buena calidad debido al constante recambio y rehúso del agua del sistema” (Montaña , 2009).

“Cuando la calidad del agua depende de los sistemas de tratamiento (operaciones unitarias) y no del agua afluente – Renovación menor al 10% del volumen total del sistema al día, agua renovada al día por kg de alimento entregado, agua renovada al día por kg de pez producido” (Merino, Barraza , Varela, & Silva, 2015).

“Los diseños RAS cuentan con varias tecnologías de proceso, los cuales trabajan en conjunto para garantizar una mínima pérdida de agua, el calor y de las poblaciones de peces; mientras que limpian y reciclan el agua de los tanques de peces constantemente” (saavedra, 2023).

“La presión ambiental sobre uso y aprovechamiento del recurso hídrico en cultivos acuícolas ha llevado a explorar alternativas que permitan un uso más adecuado de éste. Una opción es el desarrollo tecnológico e innovaciones para el reacondicionamiento de agua residual acuícola”. (García Pulido, Gallego Alarcón , Diaz Delgado, fall, & Burrola Aguilar, 2011).

El cultivo de peces en sistema RAS, “es una alternativa de solución para cuestiones ambientales. Ya que, realiza un buen cuidado del agua reduciendo considerablemente el volumen y contaminantes al medio ambiente” (Shine, 2020).

Los sistemas tradicionales pueden producir alrededor de 7 kg de pescado anualmente por cada litro por minuto de agua en cambio, “en los sistemas RAS se pueden producir hasta 48 kg

de pescado anualmente por cada litro por minuto de flujo de agua” la diferencia es abismal (Jiménez Montealegre, 2017).

“Los sistemas de recirculación de agua (SRA) han contribuido a una producción más intensiva y fiable, al mismo tiempo que han logrado ahorros significativos en energía y agua que en circuito abierto hubieran sido simplemente insostenible a todos los niveles” (Bacaicoa, 2009).

“El interés se ha incrementado en la producción en sistemas de recirculación en acuicultura SRA, son sistemas de producción cerrados donde continuamente se filtra y recicla el agua, los peces son criados en tanques y el entorno es controlado totalmente” (Vasquéz Gamboa , 2013).

“Los sistemas de recirculación utilizan menos del 90% del agua requerida por los sistemas de estanque para obtener una producción similar” (Montaña , 2009).

“La producción en sistemas de recirculación acuícola es una alternativa al cultivo de manera física, química y biológica, se utiliza menos del 10% del agua requerida en una producción convencional” (Arnulfo & Fernández, 2015).

“Ofrecen un ambiente más eficiente y controlado para los peces. Los costos no son elevados y proporcionan buenos dividendos” (Hernández Barraza, Aguirre Guzman , & Lopez Cantú , 2009).

Buscando disminuir el impacto ambiental negativo de la acuicultura, “las prácticas de producción se han enfocado en los últimos años a lograr minimizar la producción de residuos, conservar el agua y concentrar los desechos, y es por eso el gran interés de los RAS” (Jiménez Montealegre, 2017).

“los sistemas de producción acuícola en sistemas de recirculación cuando son bien diseñados son un ambiente adecuado para promover el crecimiento de cultivos acuáticos” (Arnulfo & Fernández, 2015).

Existía una problemática a la cuál algunos acuicultores buscaron darle solución, ya que se venía sobre explotando el recurso hídrico y también por la mala calidad de agua que existe en algunos lugares, y encontraron nuevas técnicas que les permiten solucionar esto. “Una de estas nuevas técnicas de producción son los sistemas de recirculación los cuales se han venido desarrollando y mejorando durante más de tres décadas” (Montaña , 2009).

### **3.1.1.1 Los tanques de los peces**

“Los tanques circulares disponen normalmente de una entrada de agua tangencial que facilita la formación de un vórtice en su interior, lo que permite alcanzar mayores velocidades y al mismo

tiempo mejorar la uniformidad de las condiciones ambientales” (Oca Baradad & Masaló Llorà, 2009).

“Estos tanques funcionan bien en general, pero debido a que son muy flexibles y maleables, necesitan estar bien soportados en el fondo y a veces en los lados también. Otro problema es la dificultad de hacer conexiones que no tengan fugas de agua en las paredes y en el fondo”. (Timons, Ebeling, & Piedrahita, 2009).

“Los tanques de cultivo de los peces, deberán seleccionarse cuidadosamente, debido a su incidencia en el costo total del sistema” y si se quiere realizar un cultivo intensivo o semi intensivo (Candarle, 2012).

“Los tanques de plástico o vidrio son muy usados en sistema RAS, Hatcheries y cultivos pequeños de animales ornamentales. La principal cualidad o característica que estos poseen es su fácil limpieza, transporte y control sobre los parámetros del agua” (Bioaquafloc, 2019).

Al día de hoy se usa mucho el método de cultivar peces en tanques, ya que “los tanques permiten la cría de peces en altas densidades, dentro de un ambiente de crianza controlable por el operador de la instalación” (saavedra, 2023).

“En el caso de los tanques circulares y de los multivertices la masa del agua del tanque girará alrededor del eje central del vórtice, con velocidades tangenciales que dependerán del impulso aplicado por el chorro de agua de entrada” (Oca Baradad & Masaló Llorà, 2009).

“La producción de peces en estanques es una práctica antigua, presumiblemente desarrollada por los primeros agricultores como uno de los muchos sistemas de producción primaria dirigidos a asegurar el aprovisionamiento de alimentos” en la actualidad más que estanques se están usando tanques para cultivar peces en sistemas de recirculación de aguas (Garrido Weber , Guevara Reyes, & Martinez Cardenas , 2022).

“El tanque se define en este caso como el receptáculo o espacio donde los seres vivos habitan y se desarrollan. Suelen estar contruidos con hormigón, fibra de vidrio o plásticos” (Nieto Utasá, 2022).

“La forma, el tipo de material en la composición del tanque de cultivo y también el color, serán determinantes en el funcionamiento y durabilidad del mismo. Estos, deberán cuantificarse según el plan de manejo preestablecido” (Candarle, 2012).

### **3.1.1.2 Las bombas de agua y aireadores**

“El termino aireación se utiliza refiriéndose a la disolución del oxígeno de la atmosfera en el agua, siendo lo opuesto al proceso de adición de oxígeno puro al agua conocido como oxigenación” (Urbano, 2013).

“Todos los SRA usan alguna clase de bomba para llevar el agua a un nivel más alta o para aumentar la presión en el sistema y hacer posible la filtración, aireación y desgasificación” (Timons, Ebeling, & Piedrahita, 2009).

“Los aireadores son las fuentes de aire más usadas en acuicultura. Los aireadores administran grandes volúmenes de aire a baja presión, mientras que los compresores suministran pequeños volúmenes de aire a alta presión” (Montoya Naranjo & Reina Gil, 2021).

“El término aireación es usado para referirse a la disolución del oxígeno de la atmósfera dentro del agua. La transferencia de oxígeno puro en forma gaseosa al agua se define como oxigenación” (Solórzano Armijos, 2017).

“El intercambio de gas se logra con el uso de aireadores y oxigenadores. Sin duda la aireación es el tratamiento del agua más empleado en acuicultura” (Jiménez Montealegre, 2017).

“Los aireadores se pueden clasificar en tres grandes grupos:  
-aireadores mecánicos  
-aireadores por gravedad  
-oxigenadores” (Gómez Santacruz & Barrera Céspedes, 2018).

### **3.1.1.3 Sedimentadores o clarificadores**

“La eliminación de partículas es esencial en un sistema Ras. Al retirar las partículas del agua se disminuye la carga orgánica en el sistema y se facilita el funcionamiento de los biofiltros” (Piedrahita, y otros, 2011).

“Consiste en remover sólidos en el agua como comida o heces. Es la primera etapa del filtro y evita la saturación o taponamiento de las etapas posteriores” (Montoya Naranjo & Reina Gil, 2021).

“La sedimentación es considerada una operación física en la que interviene la fuerza de la gravedad permitiendo que una partícula se vuelva más densa que el agua y tenga un recorrido descendente, depositándose en el fondo del sedimentador” (Delgado Guerrero & Valdez Delgado, 2021).

“Los tanques clarificadores forman parte del proceso de filtración mecánica del agua, proceso que representa el aspecto más importante en el diseño y funcionamiento de un SRA” (saavedra, 2023).

En este caso, “el clarificador cumple con la misma función que un filtro biológico, ya que se encarga de retener la aún presente materia orgánica en el agua en este actúan bacterias



nitrificantes las cuales convierten el amonio y nitrito en nitratos” (Garrido Weber, Guevara Reyes, & Martínez Cardenas, 2022).

“Una deficiente remoción de sólidos dentro del tanque provoca el mal funcionamiento de los demás componentes del SRA. Los sedimentos son constituidos por restos de alimento y heces fecales de los peces” (López Rebollar , 2015).

#### **3.1.1.4 El biofiltro.**

“La biofiltración es el proceso mediante el cual unas bacterias descomponen materia orgánica biodegradable y otras bacterias. Conocidas como nitrificadoras, convierten el amoniaco en nitrito y luego en nitrato” (Piedrahita, y otros, 2011).

“El biofiltro es un mecanismo en el cual se producen reacciones físicas, químicas y biológicas con capacidad de degradar contaminantes orgánicos. para la elección de estos es importante conocer el contaminante a tratar. En el tratamiento de aguas residuales se usan diferentes tipos de biofiltros” ( Lloacana Bonilla & Anangón Méndez, 2022).

“la estructura de un biofiltro consiste en una mezcla de componentes inorgánicos que servirá como superficie para las poblaciones microbianas” ( Lloacana Bonilla & Anangón Méndez, 2022).

“Los sistemas de filtrado tienen como objetivo retener partículas sólidas del sistema suspendidas en la columna de agua. Esta acción se lleva a cabo utilizando la fuerza de gravedad o filtros de malla de distinta luz” (Nieto Utasá, 2022).

En el proceso de biofiltración “se transforma el NAT (Nitrógeno amoniacal total) en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )” este proceso se hace para evitar intoxicación en los peces, ya que el  $\text{NH}_3$  que hace parte del NAT, tiene la capacidad y el alcance de penetrar las branquias del pez y causar algún tipo de enfermedad ( López Votteler, 2020).

“Los biofiltros son ampliamente utilizados en la industria química debido a los bajos costos de producción. Los biofiltros son usados en la remoción de contaminantes presentes en el agua” ( Lloacana Bonilla & Anangón Méndez, 2022).

“El proceso de remoción de nitrógeno amoniacal en un filtro biológico se denomina “nitrificación” y consiste en la oxidación del amoniaco a nitrato” (Delgado Guerrero & Valdez Delgado, 2021).

“Una rápida y eficiente remoción de las partículas reduce significativamente la demanda biológica realizada en el biofiltro, mejora el desempeño del biofiltro, disminuye el tamaño total del biofiltro requerido, y baja la demanda de oxígeno en el sistema” (Solórzano Armijos, 2017).

La utilización de los filtros en la acuicultura, tiene como objetivo la eliminación de sustancias y organismos indeseables en el agua de cultivo. Existen cientos de filtros diferentes en el mercado mundial (Gómez Santacruz & Barrera Céspedes, 2018).

“Se trata de un tanque que contiene un sustrato inerte que cuenta con gran área superficial, lo que permite el establecimiento de una mayor población de bacterias, que procederán a realizar los procesos de nitrificación” (López Votteler, 2020).

En todo sistema RAS, se le da mucha importancia a los procesos biológicos como lo es la biofiltración o también conocido como filtración biológica, “este proceso involucra en los RAS la transformación del nitrógeno excretado al medio por los organismos cultivados, desde un estado que representa toxicidad ( $\text{NH}_3$ =amoníaco) a otro relativamente inofensivo ( $\text{NO}_3$ =nitrato)” (Candarle, 2012).

Un filtro biológico en un sistema RAS se encarga de “eliminar las sustancias orgánicas disueltas y compuestos nitrogenados, por último, es aireada y desgasificada para eliminar el dióxido de carbono antes de ser enviada nuevamente al tanque de cultivo” (Urbano, 2013).

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO

Antes de conectar cualquier componente, se hizo un diseño detallado del sistema que indicó cómo se interconectarán todos los elementos. Esto se basa en consideraciones como el flujo de agua, la ubicación del tanque, la red hidráulica y la distribución de la energía eléctrica. Para el óptimo funcionamiento de este sistema RAS.

Para el tanque donde estarán los organismos se usó un tanque plástico transparente con un volumen de 24,4 litros viables, este contaba con aireación permanente.

**Figura 1. Tanque de organismos**



Se usó un recipiente plástico de color oscuro para el sedimentador, el color fue para evitar la producción de algas y sirvió como canister, allí se llevó a cabo el proceso de sedimentación y biofiltración. Tal como se indica en la figura # 2.

**Figura 2. Sedimentador y biofiltro.**



Fuente: Lamouroux, 2023

## **4.2. IMPLEMENTACIÓN**

### **4.2.1. Sistema hidráulico**

Se seleccionó las tuberías de  $\frac{1}{2}$  y conexiones adecuadas, con materiales resistentes al agua y adecuados para acuicultura. Para el diseño hidráulico se tuvo en cuenta que el agua deberá tener una velocidad baja al ingresar al sedimentador para que cumpliera con su correcto funcionamiento, por lo que se ubicó una llave de paso antes del ingreso de este y para evitar que la bomba quedara en seco se realizó una derivación del agua que salía de tanque de los peces. Con las siguientes características como se muestra en la figura #3.

**Figura 3. Conexión hidráulica.**



Fuente: Lamouroux, 2023

#### **4.2.2. Conexión de las Bombas**

Las bombas, encargadas de retornar el agua al tanque donde se están cultivando los peces mediante el uso de manguera, esta se ubicó en un recipiente circular transparente en donde llegaba el agua procedente del biofiltro y de la derivación. La bomba utilizada tenía una capacidad máxima de 1000 L/H y alcanzaba una altura de 1,6 mt, ya que la bomba presenta la posibilidad de graduar el flujo este fue ajustado a la necesidad del sistema; conectada en paralelo acorde al diseño. La bomba enviaba de forma directa el agua por medio de una manguera figura #4.

**Figura 4. Bomba y recepción de agua.**



Fuente: Lamouroux, 2023

#### 4.2.3. Sedimentador y biofiltro

El biofiltro estaba ubicado dentro del recipiente plástico del sedimentador, pero en un recipiente de menor volumen de color oscuro en donde se utilizaron tapas de gaseosa como superficie de fijación de las bacterias. El sedimentador cumplía la función de retirar las partículas sólidas del agua, como desechos de peces y otros contaminantes, del agua recirculante; después de pasar por este el agua sin sólidos disueltos pasaba al biofiltro el cual presentaba aireación constante. Se aseguro de que el agua fluya a través de los elementos del sistema antes de regresar al tanque de cultivo. Tal como se muestra en la figura #5.

**Figura 5. Biofiltro**



Fuente. Lamouroux, 2023

#### 4.2.4. Sistemas de Aireación

La aireación fue dada por un aireador de dos salidas el cual estaba conectado por mangueras y con piedras difusoras una de las salidas estaba en el tanque de los peces y el otro en el biofiltro figura #6.

**Figura 6. Sistema de aireación.**



Fuente. Lamouroux, 2023.

Después de la puesta en marcha, se mantuvo un monitoreo constante del sistema y de mantenimiento. Esto incluye la limpieza de los filtros, la verificación de las conexiones y 2Y la solución a inconvenientes en el funcionamiento del sistema.

### **4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Calculo del caudal de los componentes del sistema.

Este se realizó por medio de un beaker de 50 ml en donde se llenó con el agua que llegaba a llenar cada uno de los componentes tanque de los organismos, sedimentador y biofiltro. Esta actividad se realizó por 30 veces en cada uno de los componentes del sistema con el fin de poder establecer los caudales.

Calculo de la capacidad de los componentes del sistema, para esto se llenó cada uno de los componentes con un recipiente volumétricamente medido.

Diseño del sistema de monitoreo y control para garantizar condiciones óptimas para los peces.

## 5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos del acompañamiento en el sistema de recirculación de aguas se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Resultados del sistema hidráulico del RAS**

Ítem	Volumen (Litros)	Relación con el volumen del tanque	Caudal (l/seg)	Recambios de agua
Tanque peces	26	100%	0,130	19,5
Sedimentador	8	30%	0,524	
Biofiltro	5	19%	1,041	

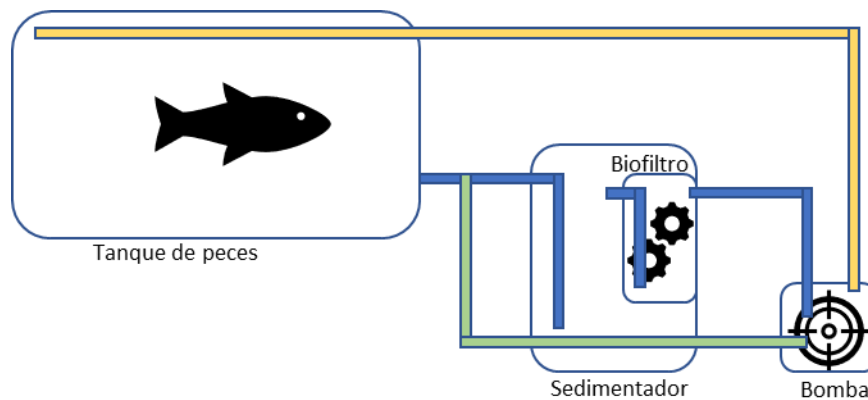
El área de fijación del biofiltro está dado por el área efectiva de las tapas de gaseosa.

**Tabla 2. Área de fijación del biofiltro.**

	Área de fijación (cm <sup>2</sup> )	Área de fijación (m <sup>2</sup> )
Biofiltro	16.644	166.4

A continuación, se presenta el esquema del diseño del sistema hidráulico del sistema de recirculación con todos los componentes.

**Figura 7. Esquema del sistema hidráulico del RAS.**



Fuente: Lamouroux, 2023.



## **6. DISCUSIÓN**

El recambio de agua del sistema RAS fue de 19,5 veces al día, lo que nos da a conocer que cada 1.2 horas se recambia el 100% del agua del tanque donde se cultivan los peces. Esto garantiza una buena calidad de agua en el sistema e influye en que los animales cultivados estén con probabilidades bajas de ser atacados por algún tipo de patógeno.

Luego de haber realizado esta investigación se puede llegar a la conclusión de que el sistema RAS evaluado en esta investigación, está en óptimas condiciones para cultivar especies que puedan adaptarse a cautiverio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bacaicoa, R. C. (2009). sistemas de recirculación para la acuicultura. *fundación OESA*, 1. Obtenido de file:///C:/Users/BIBINTERNET%2311/Downloads/hoja\_divulgativa2.pdf
- García Pulido, D., Gallego Alarcón, I., Díaz Delgado, C., Fall, C., & Burrola Aguilar, C. (2011). evaluación de un sistema de recirculación y acondicionamiento de agua en truiticultura. 1. Obtenido de <https://mail.google.com/mail/u/2/#inbox/FMfcgzGtwzlvsvLVvvFmNcDndGNfqGqzm?projector=1&messagePartId=0.8>
- Garrido Weber, E. R., Guevara Reyes, C. P., & Martínez Cardenas, L. M. (2022). Manual de producción del sistema acuaponia del centro agroempresarial y acuícola. *sennova*, 10. Obtenido de [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7807/Manual\\_produccion\\_sistema\\_acuaponico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7807/Manual_produccion_sistema_acuaponico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernández Barraza, C., Aguirre Guzmán, G., & López Cantú, D. (2009). sistemas de reproducción de acuicultura con recirculación de agua para región norte, noreste y noroeste de México. *REVISTA MEXICANA DE AGRONEGOCIOS*, 3. Obtenido de <https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox/FMfcgzGtwzlvsvLVvvFmNcDndGNfqGqzm?projector=1&messagePartId=0.7>
- Merino, G., Barraza, J., Varela, E., & Silva, A. (2015). sistemas de recirculación en acuicultura en Chile. *universidad católica del norte*, 3. Obtenido de <https://mail.google.com/mail/u/2/#inbox/FMfcgzGtwzlvsvLVvvFmNcDndGNfqGqzm?projector=1&messagePartId=0.3>
- tecnología de recirculación de agua aplicada a cultivos marinos*. (2011). Coquimbo, Chile: universidad católica del norte.
- Tecnología de recirculación de agua aplicada a cultivos marinos*. (2011). Coquimbo, Chile: universidad católica del norte.
- Tecnología de recirculación de agua aplicada a cultivos marinos*. (2011). Coquimbo, Chile: universidad católica del norte.
- Timons, M., Ebeling, J., & Piedrahita, R. (2009). *Acuicultura En Sistemas De Recirculación*.
- Timons, M., Ebeling, J., & Piedrahita, R. (2009). *acuicultura en sistemas de recirculación*.
- Vasquez Gamboa, L. (2013). Sistemas de recirculación de agua (RAS) en Piscicultura. *revista electronica de ingeniería en acuicultura*, 2. Obtenido de file:///C:/Users/ALUMNOS%20%23/Downloads/1483-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5863-1-10-20140306.pdf