

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA**



**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL  
AUTOMATIZADO PARA LA CALIDAD DEL AGUA EN EL  
PROCESO ACUÍCOLA DE LA TILAPIA EN NAMBALLE –  
SAN IGNACIO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores : Bach. Heiser Gerardo Carrión Ortega  
Bach. César Daniel Guerrero Palomino**

**Asesor : Ing. Miguel Eduardo Vásquez Granados**

**JAÉN – PERÚ, JULIO, 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA**



**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL  
AUTOMATIZADO PARA LA CALIDAD DEL AGUA EN EL  
PROCESO ACUÍCOLA DE LA TILAPIA EN NAMBALLE –  
SAN IGNACIO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores : Bach. Heiser Gerardo Carrión Ortega  
Bach. César Daniel Guerrero Palomino**

**Asesor : Ing. Miguel Eduardo Vásquez Granados**

**JAÉN – PERÚ, JULIO, 2019**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 15 de Julio del año 2019, siendo las 4:30pm horas, se reunieron los integrantes del jurado:

Presidente: **M. Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez**

Secretario: **Dr. Hilda de las Mercedes Oquendo Ferrer**

Vocal: **Mg. Ing. José Andrés Fernández Mera**, para evaluar la sustentación del informe final:

- ( ) Trabajo de investigación  
(  ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PROCESO ACUÍCOLA DE LA TILAPIA EN NAMBALLE – SAN IGNACIO”** presentado por los Bachilleres **HEISER GERARDO CARRIÓN ORTEGA Y CÉSAR DANIEL GUERRERO PALOMINO** de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el jurado acuerda:

- (  ) Aprobar ( ) Desaprobar (  ) Unanimidad ( ) Mayoría

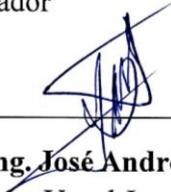
Con la siguiente mención:

- |                |            |               |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente   | 18,19,20   | ( )           |
| b) Muy bueno   | 16,17      | ( <u>16</u> ) |
| c) Bueno       | 14,15      | ( )           |
| d) Regular     | 13         | ( )           |
| e) Desaprobado | 12 o menos | ( )           |

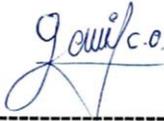
Siendo las 5:25pm horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
**M. Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez**  
Presidente Jurado Evaluador

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Hilda de las Mercedes Oquendo Ferrer**  
Secretario Jurado Evaluador

  
\_\_\_\_\_  
**Mg. Ing. José Andrés Fernández Mera**  
Vocal Jurado Evaluador

**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PROCESO ACUÍCOLA DE LA TILAPIA EN NAMBALLE – SAN IGNACIO”**



-----  
Bach. Heiser Gerardo Carrión Ortega

**Autor**



-----  
Bach. César Daniel Guerrero Palomino

**Autor**



-----  
Ing. CIP Miguel Eduardo Vásquez Granados

**Asesor**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA.**

Aprobado por:



-----  
M.Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez

**Presidente**



-----  
Dr. Hilda de las Mercedes Oquendo Ferrer

**Secretario**



-----  
Mg. Ing. José Andrés Fernández Mera

**Vocal**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada principalmente a Dios, por ser mi inspirador y darme la fortaleza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Ydelsa y Daniel, por su amor, y apoyo incondicional en todos estos años, porque gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanas y hermano por estar conmigo en todo momento, y brindarme el apoyo moral a lo largo de esta etapa de mi vida.

Y a todas las personas que me apoyaron con sus consejos y palabras de aliento para lograr esta meta.

**Heiser Gerardo Carrión Ortega**

La presente tesis la dedico a Dios, por ser mi fuente de inspiración.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, porque gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

Y a todas las personas que me han apoyado, en abrirme las puertas y compartir sus conocimientos, para que el trabajo se realice con éxito.

**César Daniel Guerrero Palomino**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Planta de Recirculación Acuícola de Namballe San – Ignacio y a todo el personal técnico que labora en este proyecto del estado.

A los docentes de la Universidad Nacional de Jaén que transmitieron sus experiencias y conocimientos en el trayecto de la carrera.

A nuestro asesor, Ing. CIP. Miguel Eduardo Vásquez Granados. Por brindarnos la oportunidad de pertenecer a este grupo de trabajo, brindándonos así sus experiencias y fortaleciendo nuestros conocimientos profesionales y personales.

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	OBJETIVOS .....	2
2.1.	Objetivo General .....	2
2.2.	Objetivos específicos .....	2
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3.1.	Materiales.....	4
3.1.1.	Equipos .....	4
3.1.2.	Software.....	4
3.1.3.	Material de Campo .....	4
3.1.4.	Materiales de gabinete .....	4
3.1.5.	Diseño de la investigación.....	5
3.2.	Metodología.....	5
3.2.1.	Etapa diagnóstica.....	5
3.2.2.	Etapa de reconocimiento .....	6
3.2.3.	Etapa del diseño del programa de control automatizado de la calidad de agua de los módulos de cultivo de tilapia. ....	19
IV.	RESULTADOS .....	33
V.	DISCUSIÓN.....	36
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
VIII.	ANEXOS .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Indicadores de los rangos de las variables físico-químicas del agua en estanques de cultivo de tilapia.....	6
<b>Tabla 2.</b> Valores de la temperatura .....	9
<b>Tabla 3.</b> Valores del pH.....	10
<b>Tabla 4.</b> Valores de la turbidez.....	11
<b>Tabla 5.</b> Valores del amonio.....	12
<b>Tabla 6.</b> Valores del oxígeno.....	13
<b>Tabla 7.</b> Declaración de variables.....	20
<b>Tabla 8.</b> Calidad y Cantidad en el Agua.....	21
<b>Tabla 9.</b> Valores de calidad del agua utilizados en el programa. ....	33
<b>Tabla 10.</b> Indicadores de los rangos de las variables físico-químicas del agua.....	37
<b>Tabla 11.</b> Presupuesto.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Planta actual Namballe Fuente: Namballe, San Ignacio .....	6
<b>Figura 2.</b> Los cuatro Módulos de Cultivo de la planta acuícola Namballe-San Ignacio .....	7
<b>Figura 3.</b> Tubería que alimenta los módulos de cultivo .....	7
<b>Figura 4.</b> Bombas Sumergibles .....	8
<b>Figura 5.</b> Blowers de aireación .....	8
<b>Figura 6.</b> Sensor de Temperatura Siemens .....	9
<b>Figura 7.</b> Sensor de pH Sensorex .....	10
<b>Figura 8.</b> Sensor de Turbidez ProScan .....	11
<b>Figura 9.</b> Sensor de amonio CTi.....	12
<b>Figura 10.</b> Sensor de Oxígeno Hach.....	13
<b>Figura 11.</b> Hardware de PLC.....	14
<b>Figura 12.</b> Módulo de ampliación .....	15
<b>Figura 13.</b> Bloques Lógicos. Lenguaje FUP .....	16
<b>Figura 14.</b> Algoritmo general a programar sobre el control automatizado de la calidad de agua de los módulos de cultivo en el proceso acuícola de la tilapia en Namballe-San Ignacio. ....	19
<b>Figura 15.</b> Algoritmo a programar para el control automatizado de la temperatura de los módulos des de cultivo .....	22
<b>Figura 16.</b> Programación de la temperatura. ....	23
<b>Figura 17.</b> Algoritmo a programar para el control automatizado del pH de los módulos de cultivo .....	24
<b>Figura 18.</b> Programación del pH .....	25
<b>Figura 19.</b> Algoritmo para programar el control automatizado de la turbidez en el agua de los módulos de cultivo.....	26
<b>Figura 20.</b> Programación de la turbidez Fuente: Elaboración propia.....	27
<b>Figura 21.</b> Algoritmo automatizado de amonio en los estanques de cultivo.....	28
<b>Figura 22.</b> Programación del amonio. ....	29
<b>Figura 23.</b> Algoritmo para programar el control automatizado del oxígeno disuelto .....	31
<b>Figura 24.</b> Programación del Oxígeno. ....	32
<b>Figura 25.</b> Programa de control automatizado total. ....	34

## RESUMEN

En el Perú, la práctica de la acuicultura es tradicional, pese a contar con un gran potencial de desarrollo tecnológico, debido a que usan los sistemas extensivos que son de baja producción y subsistencia.

El presente proyecto de investigación tiene por finalidad diseñar un programa automatizado de control de las diferentes variables físico – químicas del agua de los estanques de cultivo de tilapia en la planta acuícola de Namballe – San Ignacio; frente a la problemática ocasionada por el actual sistema de control tradicional, quien no ofrece el máximo de su optimización de dichas variables.

En la metodología de investigación se identificó las variables, como son, el oxígeno disuelto, Ph (potencial de hidrógeno), temperatura, turbidez y amonio estos parámetros sirven para mejorar la calidad de agua. Además, se indica los procedimientos secuenciados (diagramas de flujo), para el diseño del programa de automatización. Por consiguiente, mencionamos aquellos instrumentos tecnológicos que nos servirán para poder automatizar el sistema de recirculación acuícola mediante una simulación en el programa LOGO Soft Comfort V8.2. Por conclusión con este programa de control automatizado, se puede controlar los rangos máximos y mínimos requeridos de las variables, permitiendo así optimizar la calidad de agua y disminuir la mortalidad.

**Palabras claves:** automatización, sensores, variables físico – químicas, agua, LOGO Soft Comfort V8.2.

## ABSTRACT

In Perú, the practice of aquaculture is traditional, despite having great potential for technological development, because they use extensive systems that are low production and subsistence.

The purpose of this research project is to design an automated program to control the different physico - chemical variables of the water in the tilapia culture ponds at the Namballe - San Ignacio aquaculture plant; Faced with the problems caused by the current traditional control system, who does not offer the maximum of their optimization of these variables.

In the research methodology the variables were identified, such as dissolved oxygen, Ph (hydrogen potential), temperature, turbidity and ammonium, these parameters serve to improve water quality. In addition, the sequenced procedures (flowcharts) are indicated for the design of the automation program. Therefore, we mention those technological instruments that will help us to automate the aquaculture recirculation system through a simulation in the LOGO Soft Comfort V8.2 program.

By conclusion with this automated control program, you can control the maximum and minimum ranges required of the variables, thus allowing to optimize water quality and reduce mortality.

**Keywords:** automation, sensors, physical - chemical variables, water, LOGO Soft Comfort V8.2.

## I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura, según la RAE (Real Academia Española) “es un conjunto de técnicas y conocimientos relativos al conjunto de especies acuáticas vegetales y animales”. Dichas técnicas han sido aplicadas desde tiempos anteriores a Cristo, en busca de mejorar la calidad de alimenticia y de vida de los seres humanos.

En el Perú, la práctica de la acuicultura es tradicional y pese a contar con un gran potencial de desarrollo, son de baja producción y subsistencia debido a que usan los sistemas extensivos, de control manual. En la planta acuícola de Namballe-San Ignacio, optaron inicialmente por sistemas manuales del control de la calidad del agua, posteriormente, solo ha habido un aporte electromecánico con la instalación de electrobombas para la recirculación del agua sin tener un estudio previo que determine su operatividad, los blowers para la inyección de aire sin controlar la oxigenación de los estanques. Con estos aportes se logra el funcionamiento de la planta, pero no se optimiza el control de la calidad del agua, dado que no posee sistemas de medición de las variables (el oxígeno disuelto, Ph (potencial de hidrógeno), temperatura, turbidez y amonio).

Por ello el objetivo de este proyecto de investigación es diseñar un programa en el software LOGO Soft Comfort V8.2, con la finalidad de que se encargue de la toma de datos de las variables físico-químicas del agua, procese de la información obtenida de los sensores y genere una respuesta automatizada para el control de dichas variables.

Concluimos que el programa diseñado para el control de calidad del agua en el proceso acuícola de la tilapia es automático; debido a que una vez que entre en funcionamiento el proceso será sin ayuda humana. Con esto la mano del hombre no será necesario que esté presente durante mediciones o ajustes de las variables físico-químicas del agua y de acuerdo a los estudios realizados, con este programa de control automatizado, se puede mantener los rangos máximos y mínimos requeridos de las variables temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, amonio, permitiendo así evitar errores de medición por parte del operador, además con el control automatizado de las variables físico-químicas del agua se puede optimizar su calidad, proporcionando así, el hábitat necesaria para la crianza de tilapias.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo General**

Diseñar un programa de control automatizado para la calidad del agua en el proceso acuícola de la tilapia en Namballe – San Ignacio

### **2.2.Objetivos específicos**

Diseñar un algoritmo para el control de la calidad del agua de los estanques de cultivo de tilapia en la panta acuícola de Namballe-San Ignacio.

Diseñar un programa que se encargue de la toma de datos de las variables físico-químicas del agua, procesamiento de la información y de la emisión de una respuesta automatizada, para el control de dichas variables.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de instalación de la planta acuícola de Namballe-San Ignacio surge como una propuesta de adaptación de un sistema de cultivo intensivo, el cual consta de la construcción de módulos experimentales de *Geomembrana* (láminas geosintéticas). Esta planta acuícola emplea un sistema cerrado de recirculación (RAS) donde el agua se extrae de un reservorio, quien a su vez la toma del río Namballe y circula a través de tuberías enterradas quienes conectan a los 4 módulos de cultivo (estanques). Cada cuatro horas, el agua utilizada en los estanques, es filtrada por tuberías que la conducen a los biofiltros y sedimentador, los cuales se encargan de la limpieza del agua para que sea reutilizada; cumpliendo así con la función del sistema RAS.

La aireación se da a través de 2 blowers (bombas de aireación) quienes inyectan el aire a través de tuberías aéreas de PVC, las cuales van conectadas directamente a los módulos de cultivo. Estas bombas funcionan de manera alterna, pero mantienen permanentemente el sistema de aireación.

Para controlar la calidad del agua de los estanques, se realiza una toma manual de datos, lo cual se efectúa durante las horas de sol cada tres horas como máximo, desde el amanecer. Para hacerlo, utilizan instrumentos manuales de medición: termómetro analógico (mide la temperatura del agua de los estanques), peachímetro (mide la acidez o alcalinidad del agua lo cual, también, nos da información para detectar la cantidad de amonio estanques) y Disco de Secchi (para determinar la turbidez del agua).

Cabe decir que el sistema RAS y de aireación de la planta, no están condicionados a los valores de las variables físico-químicas del agua y que la toma manual de estos, carece de precisión y además ocasiona una inversión en mano de obra y tiempo; por lo que no existe un control eficiente y eficaz de la calidad del agua de los estanques de cultivo de la planta acuícola Namballe-San Ignacio.

Se requiere de un sistema que permita el monitoreo y control de la calidad del agua de los estanques de cultivo; por lo que, en busca de la solución, diseñaremos un programa de control automatizado de la calidad del agua de los estanques de cultivo de la planta acuícola de Namballe-San Ignacio.

En este capítulo se detallarán los materiales utilizados para el desarrollo de este proyecto. Dado que los instrumentos utilizados para la toma de datos de las variables físico-químicas del agua, actualmente empleados en la planta acuícola de Namballe-San Ignacio, son de uso manual y lo que pretendemos es un control automatizado de dichas variables y, que además, es nuestro principal cometido el diseño del programa para el control automatizado de esas variables; emplearemos la información de sensores que permitan recoger dichos datos, pero a manera informativa, para viabilizar el diseño de nuestro programa.

En cuanto a la metodología seguida para realizar este proyecto; se da en tres etapas: la etapa de diagnóstico, la de reconocimiento y la del diseño propiamente dicho.

### **3.1. Materiales**

En función a lo antes explicado, los materiales y/o instrumentos considerados en este proyecto, son los siguientes.

#### **3.1.1. Equipos**

- Calculadora
- Laptop
- Cámara fotográfica

#### **3.1.2. Software**

- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016
- Mendeley Desktop
- LOGO Soft Comfort V8.2

#### **3.1.3. Material de Campo**

- Lapiceros
- Tabla de apuntes
- Libreta de apuntes

#### **3.1.4. Materiales de gabinete**

- Libros
- Útiles de escritorio

### **3.1.5. Diseño de la investigación.**

#### **3.1.1.1. Enfoque**

No experimental.

### **3.2. Metodología.**

El presente proyecto de investigación se realizó en tres etapas básicas. La primera corresponde a la etapa de diagnóstico donde se determinó cómo funciona la planta acuícola y los sistemas de control de calidad del agua que emplean en la actualidad. La segunda etapa fue la de reconocimiento de la planta, donde se constató la ubicación de los módulos de cultivo y la capacidad de cada uno, tipo de tuberías, condiciones climáticas del lugar donde está ubicada la planta, etc. En la tercera etapa nos dedicamos al diseño y simulación del programa de control automatizado de la calidad del agua de los estanques de cultivo acuícola. Esta tercera etapa, es la que corresponde al objetivo principal de este proyecto.

#### **3.2.1. Etapa diagnóstica.**

Para poder determinar de qué manera se controla la calidad del agua; es decir, cómo mantienen los parámetros normales y estables las diferentes variables físico-químicas del agua de los módulos de cultivo; analizamos a detalle el informe de la instalación de la planta acuícola Namballe - San Ignacio, donde nos explica los sistemas de producción a utilizar, además del control de las variables; donde pudimos concluir que este sistema de monitoreo y control de dichas variables se da de manera manual, salvo el caso de la recirculación que está programada cada cuatro horas y se encarga básicamente de mantener limpios los módulos de cultivo y de reaprovechar el agua, sin embargo no hay un criterio exacto que demande tal cambio de agua. En el caso de la aireación es permanente y tampoco existe una medición exacta del oxígeno disuelto.

El proyecto actual en Namballe se muestra a continuación:



**Figura 1.** Planta actual Namballe  
Fuente: Namballe, San Ignacio

En esta etapa surge la propuesta de un programa automatizado para el control de la calidad del agua de los estanques de cultivo de la planta acuícola Namballe – San Ignacio.

### 3.2.2. Etapa de reconocimiento

En esta etapa, nos encargamos del reconocimiento de las variables físico-químicas del agua, que intervienen en el proceso acuícola de la Tilapia. Determinando que las principales son:

- Oxígeno disuelto.
- Ph.
- Temperatura.
- Turbidez.
- Amonio.

(Luchini, 2006) Establece que, la calidad del agua está determinada por sus propiedades físico-químicas. Estas propiedades influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que, los parámetros del agua deben mantenerse dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la tilapia.

**Tabla 1.**

*Indicadores de los rangos de las variables físico-químicas del agua en estanques de cultivo de tilapia*

<b>Variable</b>	<b>Rangos</b>
Temperatura	25.0 - 32.0 °C
Oxígeno Disuelto	5.0 - 9.0 mg/l
pH	6.0 - 9.0
Amonio Total	0.1 mg/l

Fuente: (Luchini, 2006)

Además, debimos acudir a la planta acuícola ubicada en Namballe-San Ignacio, para constatar lo siguiente:

El número de módulos o estanques de cultivo son 4, estos tienen una capacidad de 19 600 litros de agua.



**Figura 2.** Los cuatro Módulos de Cultivo de la planta acuícola Namballe-San Ignacio

Los módulos de cultivo son conectados por una tubería enterrada, que interconecta y mantiene el flujo del agua.



**Figura 3.** Tubería que alimenta los módulos de cultivo

El proyecto existente cuenta con una salida individual hacia los biofiltros. El pase del biofiltro 1 al 2 se hace por gravedad, del mismo modo pasa al sedimentador y finalmente al reservorio; donde el agua será recirculada a los módulos de cultivo.

Existe dos electrobombas sumergibles para el recambio de agua.



*Figura 4.* Bombas Sumergibles

Existen dos blowers que funcionan alternados para el sistema de aireación de los módulos de cultivo.



*Figura 5.* Blowers de aireación

### **3.2.2.1. Ficha técnica de sensores.**

El diseño del programa de control automatizado de la calidad de agua de los estanques de cultivo de la planta Namballe-San Ignacio, fue ejecutado considerando la información específica de los siguientes sensores. Cabe decir que en su aplicación si el usuario decidiera usar otro tipo de sensores tendrá que actualizar la información en el programa, para su funcionamiento.

### A. Sensor de Temperatura.

Se seleccionó este sensor porque se acopla a lo que queremos obtener, en este caso, los valores de la temperatura en los estanques de cultivo de tilapia. El sensor de temperatura es el QAE1020.024, es robusto y su medición se ajusta a los rangos que requerimos. Tiene una mayor ventaja con respecto a los demás, dado que tiene una salida en ohmios de 1000 – 1500 ohm y su rango de medición es de -5 a 100 °C. (Siemens, 2017)



**Figura 6.** Sensor de Temperatura Siemens

Fuente: (Siemens, 2017)

**Tabla 2.**  
*Valores de la temperatura*

<b>TEMPERATURA</b> °C	<b>SENSOR</b> ohm	<b>PLC</b> ohm	<b>PROGRAMA</b>
-5	1000	8.25	825
20	1119.05	7.95	795
25	1142.86	7.9	790
27	1152.38	7.88	788
30	1166.67	7.84	784
37	1200	7.76	776
100	1500	7.14	714
RESISTENCIA FIJA	2200	ohm	
VOLTAJE INICIAL	12	vdc	

## B. Sensor de pH.

El sensor de pH que elegimos es el TX 100 pH, es robusto y se acopla fácilmente a lo que queremos controlar, este sensor muestra lecturas en pH, su rango de medición es de 0 a 14 pH, cuenta con una salida de 2 a 24 mA, Se monta en pared, panel, tubo o riel, cuenta con una interfaz de usuario simple y fácil de leer, tiene incorporado una sonda de recordatorio de limpieza para un fácil mantenimiento y además almacena la calibración y otros datos en caso de pérdida de potencia e incluye un estuche resistente al agua en caso de ser sumergido. (Sensorex Corporation)



*Figura 7.* Sensor de pH Sensorex

Fuente: (Sensorex Corporation)

**Tabla 3.**  
*Valores del pH*

<b>PH</b>	<b>SENSOR mili ampere</b>	<b>PLC mili ampere</b>	<b>PROGRAMA</b>
0	2	4	0
6.5	12.21	12.67	542
8	14.57	14.67	667
8.7	15.67	15.6	725
9.5	16.93	16.67	792
12	20	20	1000
14	24		

Fuente: Elaboración propia

### C. Sensor de turbidez.

Sensor de turbidez ProScan, este sensor muestra ventajas con respecto a otros sensores de turbidez ya que es un sensor óptico en línea que se monta directamente en la línea del proceso, proporcionando información en tiempo real sobre dicho proceso. ProScan se diferencia por su robustez, la construcción sólida significa que el sensor ProScan soporta las altas temperaturas y las fluctuaciones de temperatura. Su principio de funcionamiento Utiliza una tecnología óptica avanzada, ProScan envía un haz de luz al proceso y mide la retro dispersión, que es proporcional a la concentración de sólidos.

El microprocesador interno del dispositivo luego convierte la dispersión a una salida linealizada de 4-20 mA, que se conecta fácilmente a un PLC, y puede detectar con precisión el punto de transición del agua al producto, que es la aplicación principal y tiene un rango de medición de 0.01 a 3000 NTU. (Company, 2016)



*Figura 8.* Sensor de Turbidez ProScan  
Fuente: (Company, 2016)

**Tabla 4.**  
*Valores de la turbidez.*

<b>TURBIDEZ NTU</b>	<b>SENSOR mili Amper</b>	<b>PLC mili Ampere</b>	<b>PROGRAMA</b>
0.01	4	4	0
3	4.02	4.02	1
75	4.4	4.4	25
300	5.6	5.6	100
500	6.67	6.67	167
1000	9.33	9.33	333
3000	20	20	1000

#### D. Sensor de amonio.

El sensor de amonio GG-NH3 emplea tecnología electroquímica comprobada para sensores a fin de detectar fugas de manera rápida y precisa. El margen de detección estándar del sensor GG-NH3 permite monitorear constantemente en tiempo real concentraciones de amoníaco, cada sensor GG-NH3 viene equipado con un control de temperatura interno inteligente diseñado para funcionar en áreas hostiles. Un entorno controlado confiere un óptimo control contra la humedad que brinda una mayor duración de la celda. La carcasa de policarbonato de alta calidad, moldeada por inyección, ofrece una excelente protección contra químicos y resistencia a fuertes impactos.

El sensor GG-NH3 proporciona una señal de salida lineal de 4/20 mA estándar de la industria compatible con la mayoría de los sistemas de detección de gas y controladores PLC.

La señal de salida no se ve afectada por las variaciones drásticas en la temperatura tales como el lavado, ciclos de descongelamiento, etc. Y cuenta con un rango de medición de 0 a 100 ppm. (technologies, 2017)



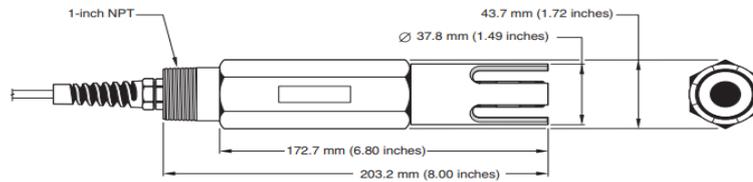
**Figura 9.** Sensor de amonio CTi  
Fuente: (technologies, 2017)

**Tabla 5.**  
*Valores del amonio*

<b>AMONIO ppm</b>	<b>SENSOR mili Amper</b>	<b>PLC mili Amper</b>	<b>PROGRAMA</b>
0	4	4	0
0.2	4.03	4.03	2
0.5	4.08	4.08	5
100	20	20	1000

### E. Sensores de Oxígeno.

Se eligió el sensor de oxígeno disuelto galvánico de membrana 5740 sc de la marca HACH, porque permite el análisis fácil y preciso de las muestras acuosas para determinar su concentración de oxígeno disuelto, su rango de medición es de 0-40 mg/l, y tiene una salida de 0-12 v. Este sensor suele utilizarse para balsas de aireación, eliminación de nutrientes en balsas de homogeneización, digestores aeróbicos y anaeróbicos, caudales de efluente, ríos, lagos y criaderos de peces, y por lo previsto se ajusta a las condiciones de uso que se pretende dar. (Hach, 2016)



**Figura 10.** Sensor de Oxígeno Hach

Fuente: (Hach, 2016)

**Tabla 6.**  
*Valores del oxígeno*

<b>OXIGENO SENSOR mg/litro</b>	<b>Volt</b>	<b>PLC Volt</b>	<b>PROGRAMA</b>
0	0	0	0
1	0.3	0.3	30.3
4	1.2	1.21	121.21
8	2.4	2.42	242.42
33	10	10	1000
40	12		

### 3.2.2.2. PLC. y módulo analógico.

#### A. Hardware del PLC.

El controlador a utilizar es un PLC (Programable Logical Controller) Siemens Logo Schneider 6ED1052-1MD00-OBA8, código ¡LOGO!12/24RCE.

Según la ficha técnica del PLC (SIEMENS, 2015); las características principales de este equipo son:

- Tensión de alimentación: 12/24 V DC.
- Entradas digitales: 8, 4 aptas como entradas analógicas (0 a 10 v).
- Salidas digitales: 4, tipo relé; no requiere de protección contra cortocircuito.
- Intensidad de salida: “1” equivale a una tensión de 10 A



**Figura 11.** Hardware de PLC

Fuente: (SIEMENS, 2015)

Se requirió de un módulo de ampliación para tener más salidas, debido a que se contara con cinco sensores, y el PLC adquirido solo cuenta con cuatro salidas que no son suficientes para el manejo eficiente del proceso.

Dicho modulo tiene por código Siemens LOGO !8 AM 2 AQ-6ED1055-1MM00-0BA2, que funciona con fuente de 24 V DC y posee 2 salidas analógicas, 0-10 V ó 0/4-20 mA.

A continuación, presentamos gráficamente dicho módulo de ampliación.



*Figura 12.* Módulo de ampliación

Fuente: siemens

Solo se utilizó una salida de éste módulo de ampliación, permitiendo la ampliación del proceso en medir más variables, para cuando se desee.

Debido que las salidas son de tipo relé, se tiene que generar señales que activen circuitos a dicha salida, para ello se usa una fuente externa según convenga, en nuestro caso la fuente externa usada para las salidas tipo relé es de +5 VDC.

## **B. Software del PLC.**

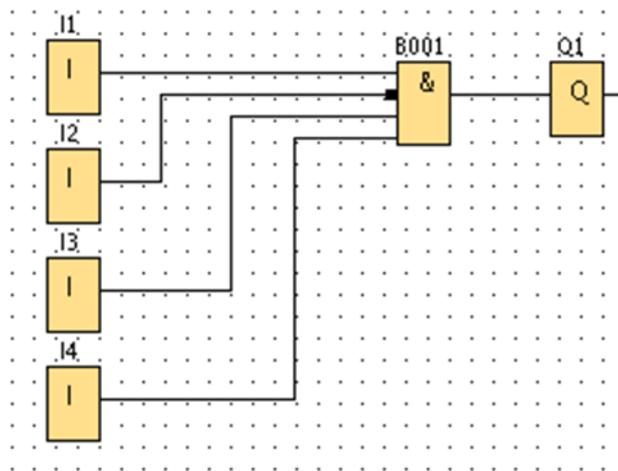
El software que se utilizó es el LOGO! SOFT COMFORT de la versión 8, que pertenece al mismo equipo PLC utilizado.

### **Lenguaje FUP en siemens logo:**

Se trata de una programación basada en bloques lógicos del estilo “OR” “AND” etc. Su nombre viene de la palabra germana Funktionsplan que viene a decir diagrama de funciones.

La parte positiva es que de un vistazo podemos notar gran parte del programa, dado que acorta la información que, por ejemplo, sería muy extensa en el lenguaje KOP.

Como puede observar en la siguiente imagen, nos muestra la idea de ir intercalando bloques lógicos de forma gráfica. (Siemens)



**Figura 13.** Bloques Lógicos. Lenguaje FUP

Fuente: (Siemens)

Ventajas del Lenguaje de Programación FUP:

- Contiene menos líneas de programación.
- Permite representar funciones complejas (p.ej. funciones matemáticas) mediante cuadros lógicos.
- Tiene la ventaja de ver agrupados por bloques las diferentes lógicas y tener bloques complejos.
- Cuando hay mucha lógica booleana en serie suele ser más compacto y más fácil de ver el segmento completo.
- La parte positiva es que de un vistazo ves gran parte del programa.

### **C. Computadora.**

Se utilizó una laptop DELL Inspiron 14 CORE i5, para poder leer el software del PLC y programar nuestro algoritmo.

### **D. Actuadores.**

Los actuadores que a continuación presentamos, han sido considerados de manera referencial, para evidenciar la ejecución de nuestro diseño de un programa de control automatizado de la calidad del agua de los módulos de cultivo de tilapia; por lo que deben ser considerados a manera de sugerencias.

Los actuadores son equipos mecánicos, cuyo funcionamiento depende de que las lecturas captadas por los sensores, procesadas por el “cerebro inteligente” de nuestro programa, determine ha sobrepasado sus rangos estables y llegado a sus rangos críticos; situación en la que se demandará su funcionamiento.

**E. Actuadores para regular la temperatura del agua en los módulos de cultivo.**

La temperatura de los módulos de cultivo se puede controlar a través de la recirculación del agua. De llegar a sus rangos críticos de elevación de la temperatura, se activará un intercambiador de calor de contraflujo quien se encargará de disminuir la temperatura del tubo de abastecimiento principal que se encuentra dentro de un tubo mayor, que activará la salida de agua fría (recogida directamente del río quien mantiene sus temperaturas a niveles menores a 19 °C) en sentido contrario a la salida del fluido principal; lo cual estabilizará la temperatura del agua en los módulos de cultivo.

**F. Actuadores para regular el pH del agua en los módulos de cultivo.**

La bomba dosificadora analógica es la que se encargará de inyectar el SOLT PH para así regular el pH en los módulos de cultivo. El caudal de esta bomba es regulable en porcentaje a través del potenciómetro situado bajo el panel frontal, que modifica la frecuencia de funcionamiento de la bomba; es decir nos permite controlar la dosificación del SOLT PH. (Astralpool. Signature)

**G. Actuadores para regular la turbidez y el exceso de amonio en los módulos de cultivo.**

El sistema empleado para regular estas variables, es la recirculación del agua quien se encarga de mantener la limpieza de los módulos de cultivo.

## **H. Actuadores para regular el oxígeno en los módulos de cultivo.**

### **En sus rangos normales:**

**Válvula de alivio analógica;** una válvula de alivio es un dispositivo automático para aliviar presión, el cual se activa por la presión estática que ejerce el fluido contenido en un recipiente o tubería, al cual está comunicada la válvula. Las válvulas de alivio se caracterizan porque se abren progresivamente con el aumento de presión hasta que alcanza su carrera total, e igualmente para disminuirla. (Vayremex)

### **En sus rangos críticos:**

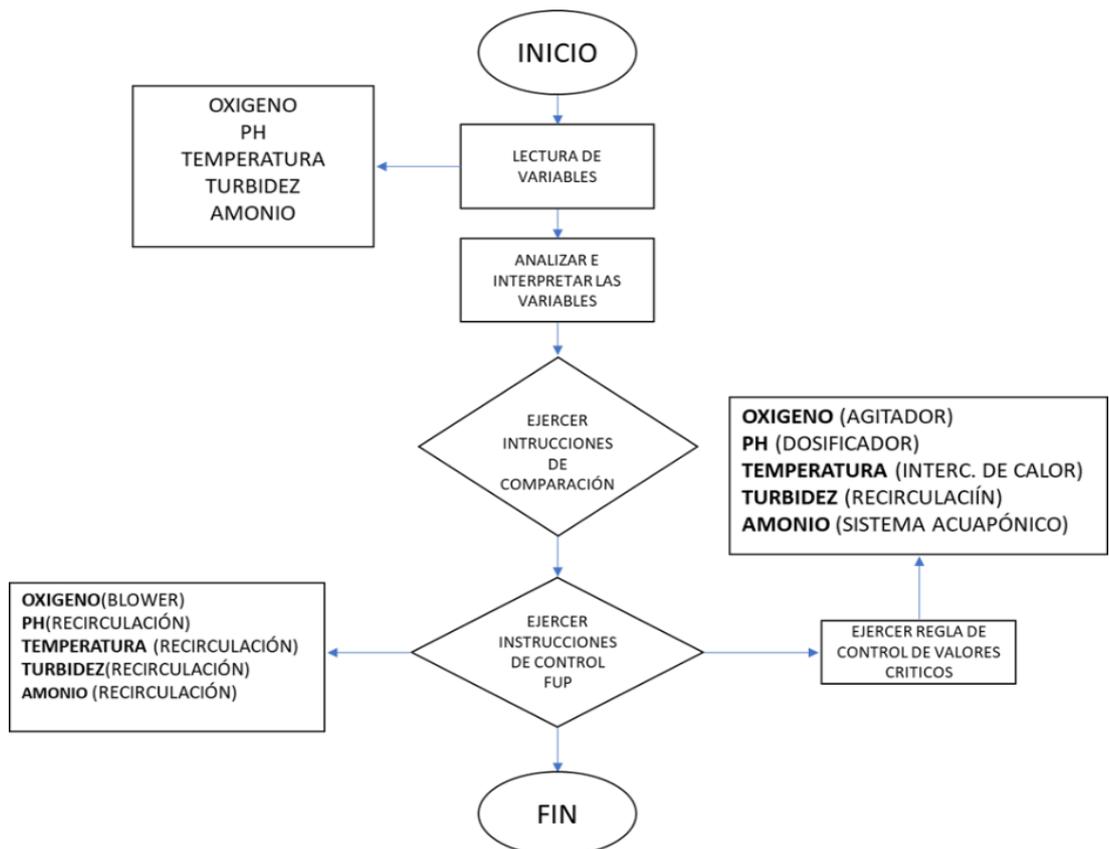
**Oxigenador flotante;** este agitador de oxígeno se encuentra sumergido, en caso de que el oxígeno disminuya su presión a valores mínimos, se encenderá para airear el agua y generar burbujas y así estabilizar el oxígeno en los módulos de cultivo. (Acuitech)

### 3.2.3. Etapa del diseño del programa de control automatizado de la calidad de agua de los módulos de cultivo de tilapia.

#### 3.2.3.1. Diseño del algoritmo.

Se plasma la secuencia de actuación del programa, por cada variable o parámetro a controlar, en un diagrama de flujo.

Este algoritmo es el de la secuencia general de actuación del programa para controlar las variables físico-químicas del agua de los estanques. El inicio marca la lectura del sensor, según la variable a controlar, de los valores en el momento de la toma, lo cual entra en un proceso de comparación; de mantenerse normal, reinicia la lectura caso contrario se manda el funcionamiento de algún actuador, quien se encargará de estabilizar dichos valores.



**Figura 14.** Algoritmo general a programar sobre el control automatizado de la calidad de agua de los módulos de cultivo en el proceso acuícola de la tilapia en Namballe-San Ignacio.

### 3.2.3.2. Elección del lenguaje de programación.

Sabiendo que el instrumento a utilizar es un PLC Siemens Logo Schneider 6ED1052-1MD00-OBA8 (explicado en materiales). Para este proyecto se eligió el lenguaje de programación FUP, dado que nos ofrece menos líneas de programación, lo cual le da mayores ventajas de aplicación a este proyecto.

### 3.2.3.3. Diseño del programa de control automatizado.

Una vez elegido el lenguaje de programación, la fase del diseño, consiste en convertir el algoritmo diseñado en instrucciones del lenguaje de programación FUP (codificación), el cual se realiza mediante diagramas de bloque. Según los valores de las variables obtenidas por los sensores, son procesadas por el PLC, para enviar una respuesta automatizada hacia los actuadores de requerirlo, o de reiniciar el proceso de lectura de valores de encontrarse en parámetros normales, adecuados para la crianza de tilapia.

### 3.2.3.4. Declaración de variables para programar.

**Tabla 7.**  
*Declaración de variables*

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Plc	Logo Siemens
Oxigeno	Entrada Analógica 1
Ph	Entrada Analógica 2
Turbidez	Entrada Analógica 3
Temperatura	Entrada Analógica 4
Amonio	Entrada Analógica 5
Blowers	Salida Analógica 1
Automático	Selector Man-Aut
Agitador	Agitador
Dosificador ph high	Actuador Si Ph Esta Alto
Dosificador ph down	Actuador Si Ph Esta Bajo
Enfriador	Intercambiar Calor
Recirculado	Electrobombas
Ph high	Marca Digital 1 Ph Alto
Ph down	Marca Digital 2 Ph Bajo
Recirculación	Marca Digital 3 Recirculado
Enfriador	Intercambiador De Calor

### 3.2.3.4.1. Algoritmo para el control automatizado de la temperatura del agua.

Del inicio pasa a una lectura de la variable a través del sensor de temperatura, luego pasará a dos comparadores analógicos. Uno se encargará de leer sus parámetros normales en los que ya se encuentra dado la temperatura, si se encuentran estables, pasará a inicio y nuevamente repetirá el proceso; si esta opción es negativa, pasará a un selector de modo, si no está automático pasará nuevamente a inicio y repetirá el proceso y si está automático pasará a activar la recirculación para así estabilizar los rangos de temperatura. El otro es el de contingencia, el cual se encargará de leer si la temperatura llegó a su rango crítico, de ser así, el programa dará orden para encender el actuador; el cual, será un intercambiador de calor.

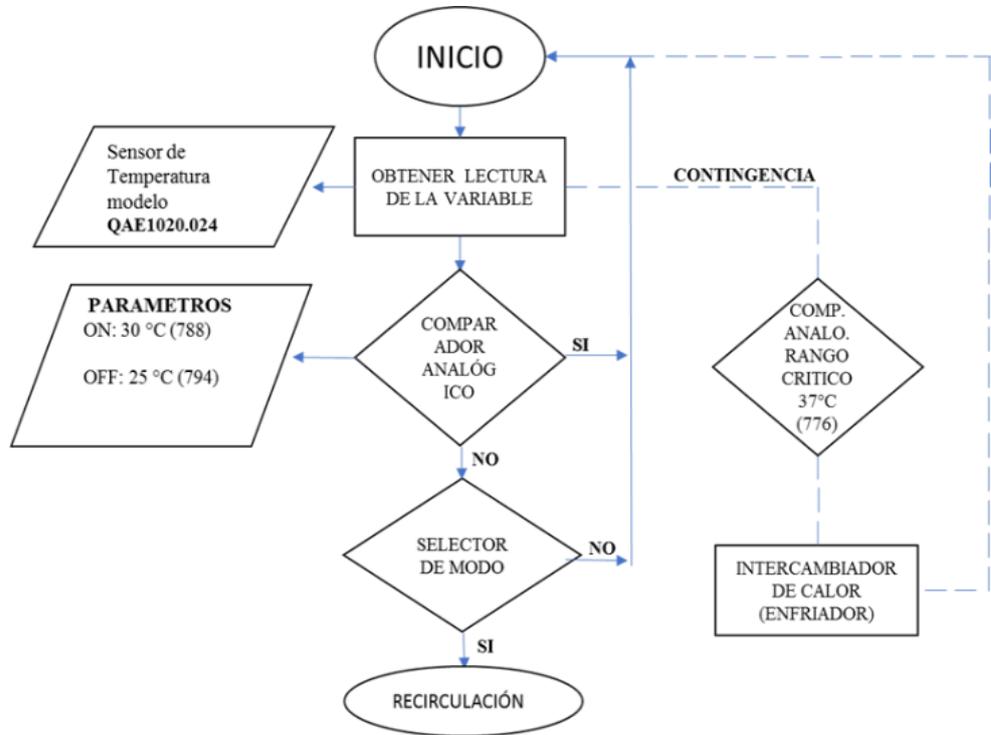
#### **Tabla 8.**

*Calidad y Cantidad en el Agua*

<b>AGUA: CALIDAD Y CANTIDAD</b>	
Temperatura °C	25 - 29

Fuente (Fiagro, 2011)

Luego elaboramos el Algoritmo tomando como fuente los valores de la temperatura.



**Figura 15.** Algoritmo a programar para el control automatizado de la temperatura de los módulos des de cultivo

La programación de la temperatura será la siguiente

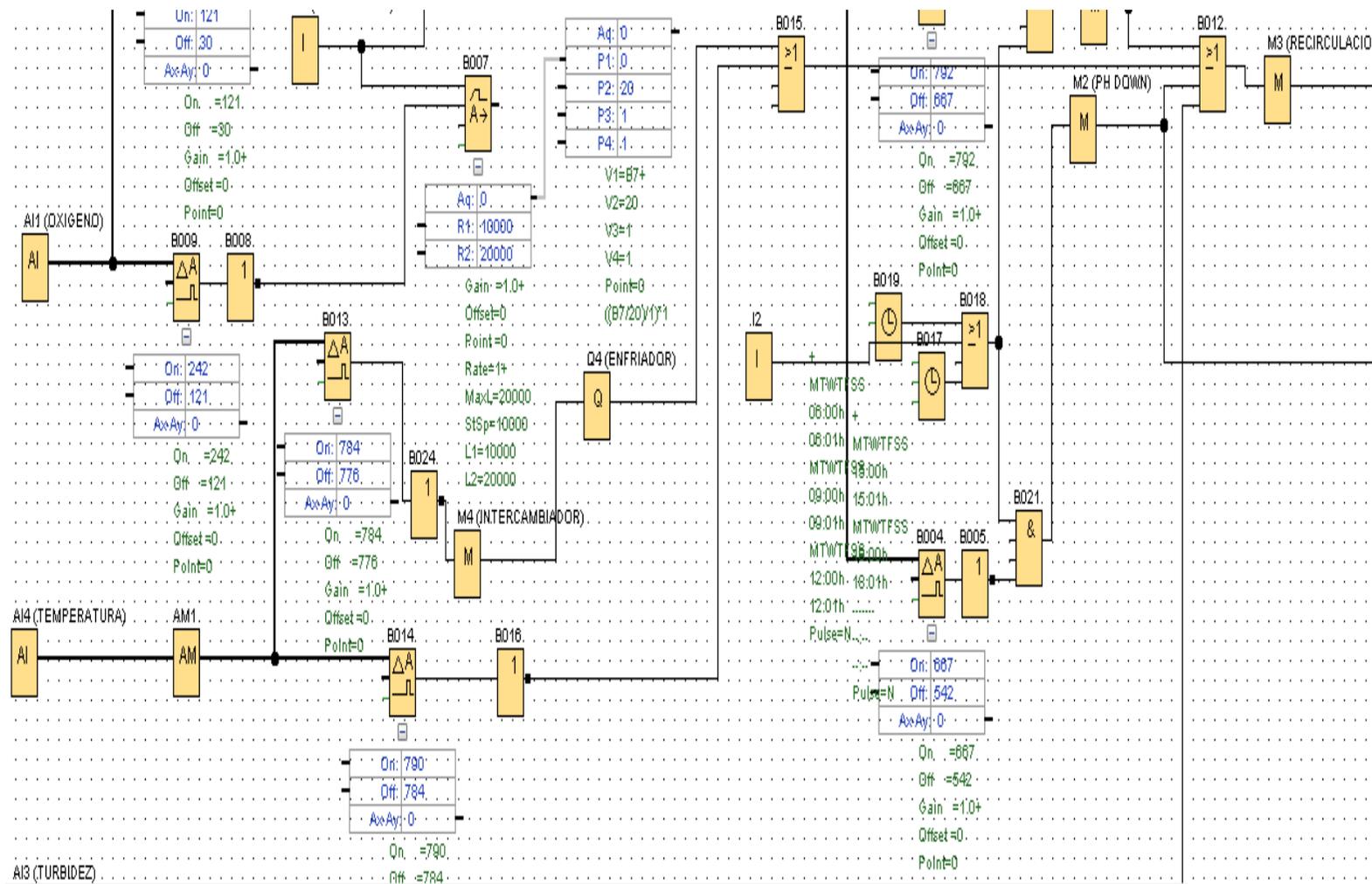
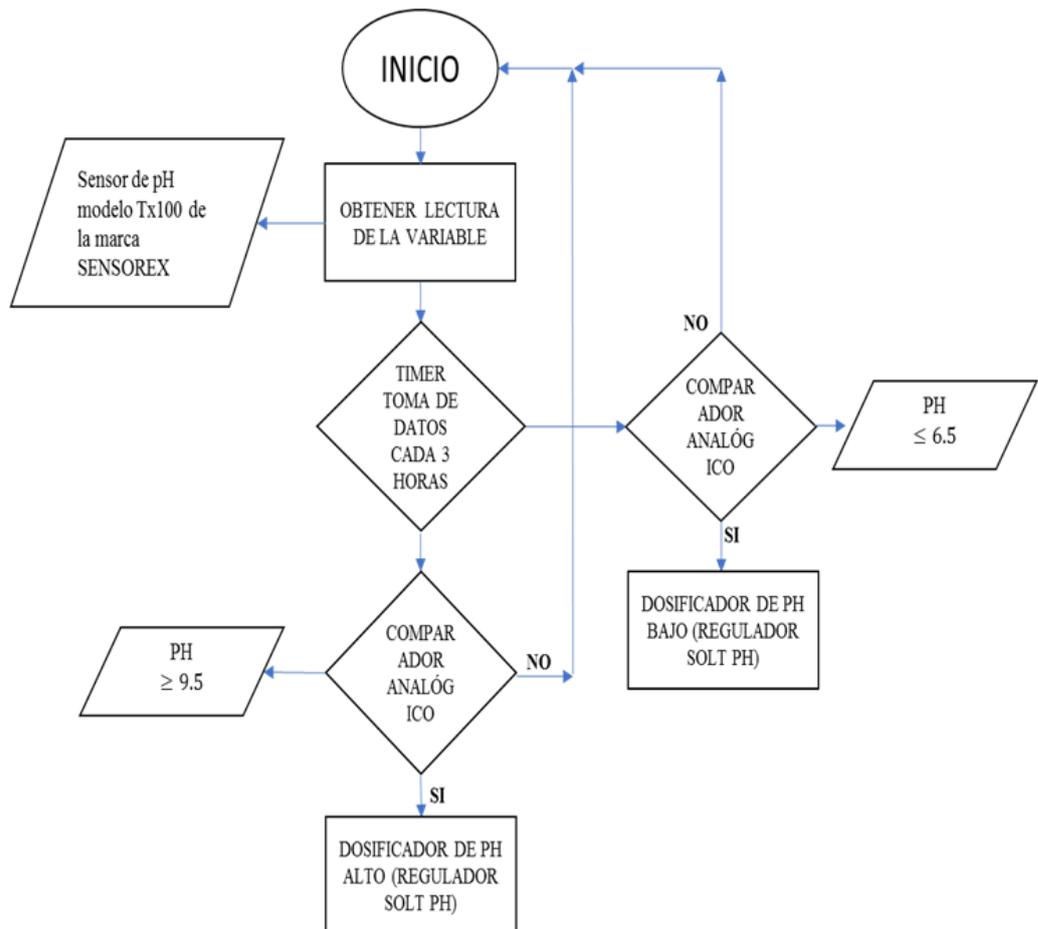


Figura 16. Programación de la temperatura.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3.4.2. Algoritmo para control automatizado del pH del agua

Daremos inicio y seguidamente comenzaremos con la lectura de la variable a través del sensor de pH, luego pasará a un timer el cual cada 3 horas se encargará de tomar las lecturas, seguido a esto pasará a dos comparadores analógicos, uno se encargará de leer si el pH es mayor o igual que 9.5 y el otro se encargará leer si el pH es menor o igual que 6.5, sean estos valores negativos pasarán nuevamente a inicio y hará el mismo proceso y sea esto positivo pasarán a los actuadores para así regular el pH, ya sea si se encuentra elevado o bajo. Luego elaboramos el Algoritmo tomando como fuente los valores del pH.



**Figura 17.** Algoritmo a programar para el control automatizado del pH de los módulos de cultivo

La programación del pH del agua será la siguiente

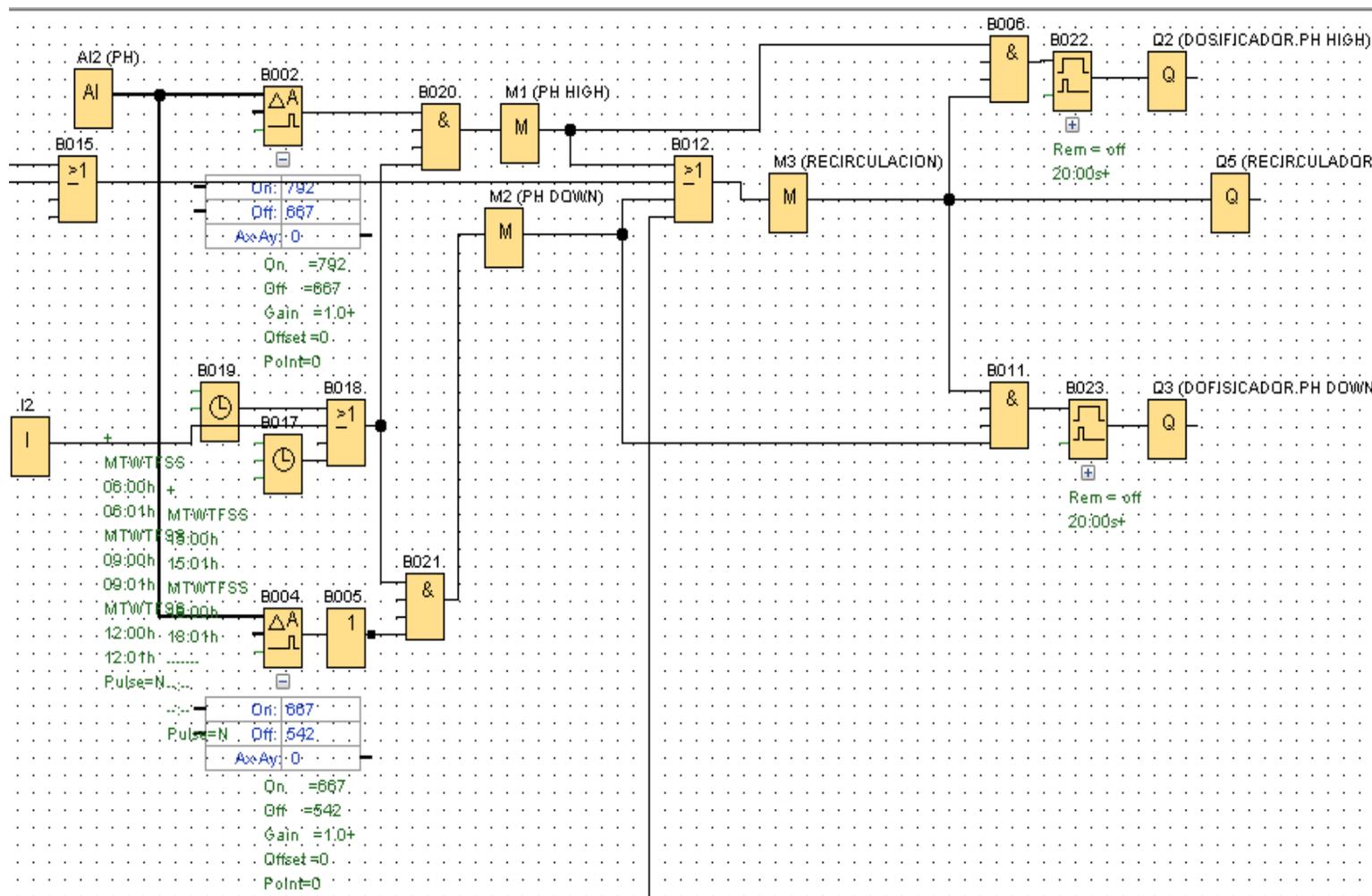


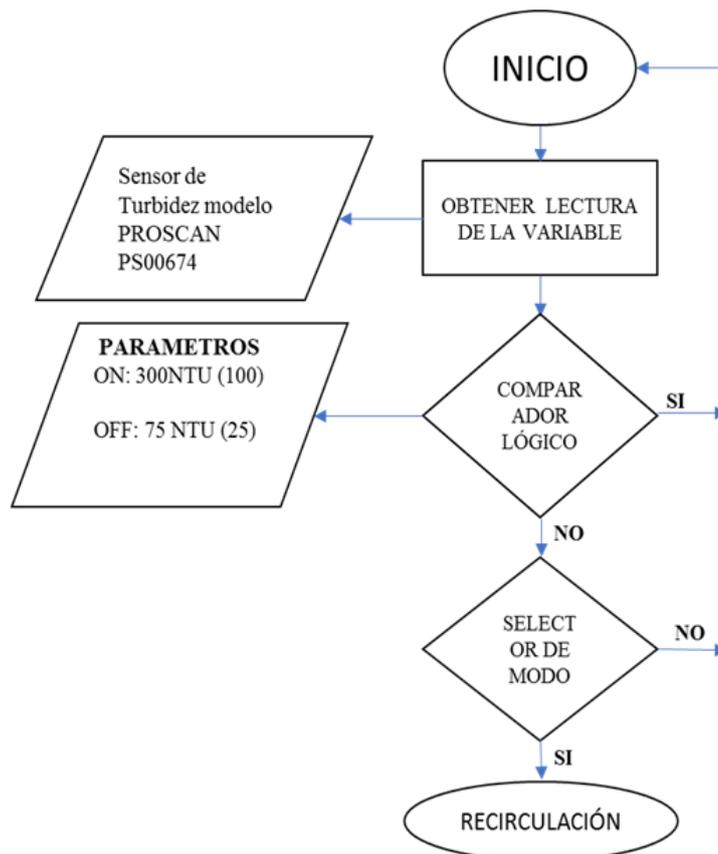
Figura 18. Programación del pH

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3.4.3. Algoritmo para control automatizado de la turbidez del agua.

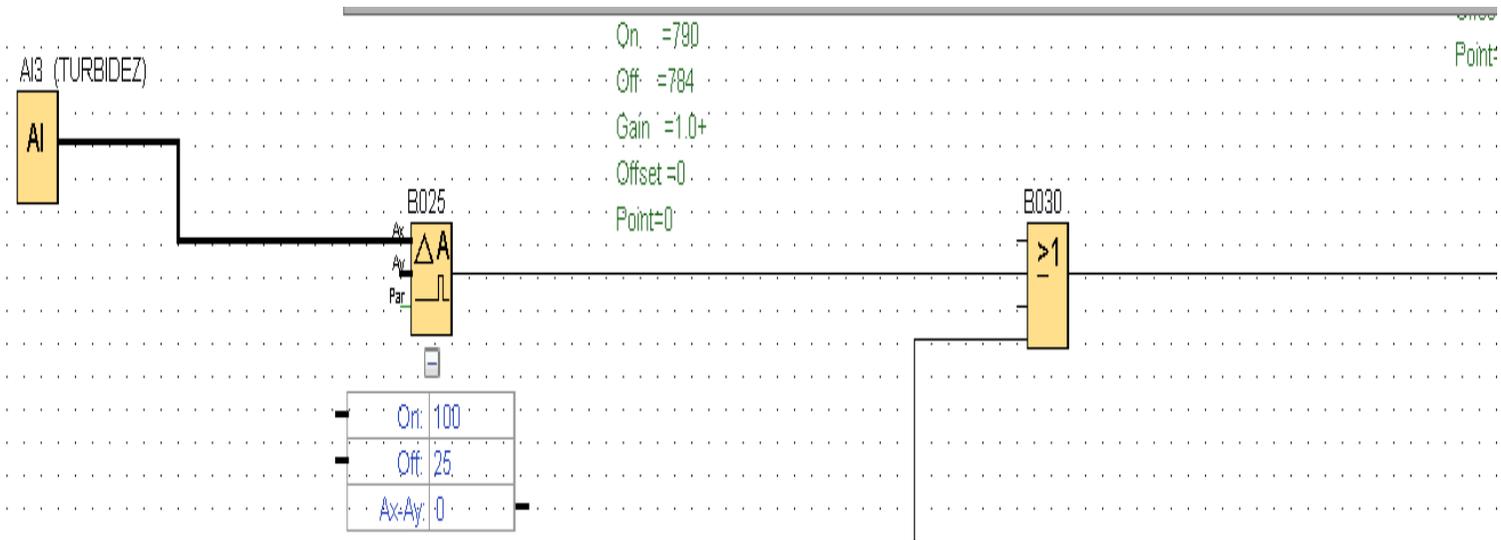
Daremos inicio, y dará paso a una lectura de la variable a través del sensor de turbidez, luego pasará a un comparador analógico, el cual se encargará de leer los parámetros de turbidez, si son estables pasará a inicio y hará el mismo proceso y si no, pasará a un selector de modo el cual si no está automático pasará nuevamente a inicio y repetirá el proceso, si está en automático finalmente pasará a un actuador de recirculación para así controlar la turbidez.

Luego elaboramos el Algoritmo tomando como fuente los valores de la turbidez.



**Figura 19.** Algoritmo para programar el control automatizado de la turbidez en el agua de los módulos de cultivo

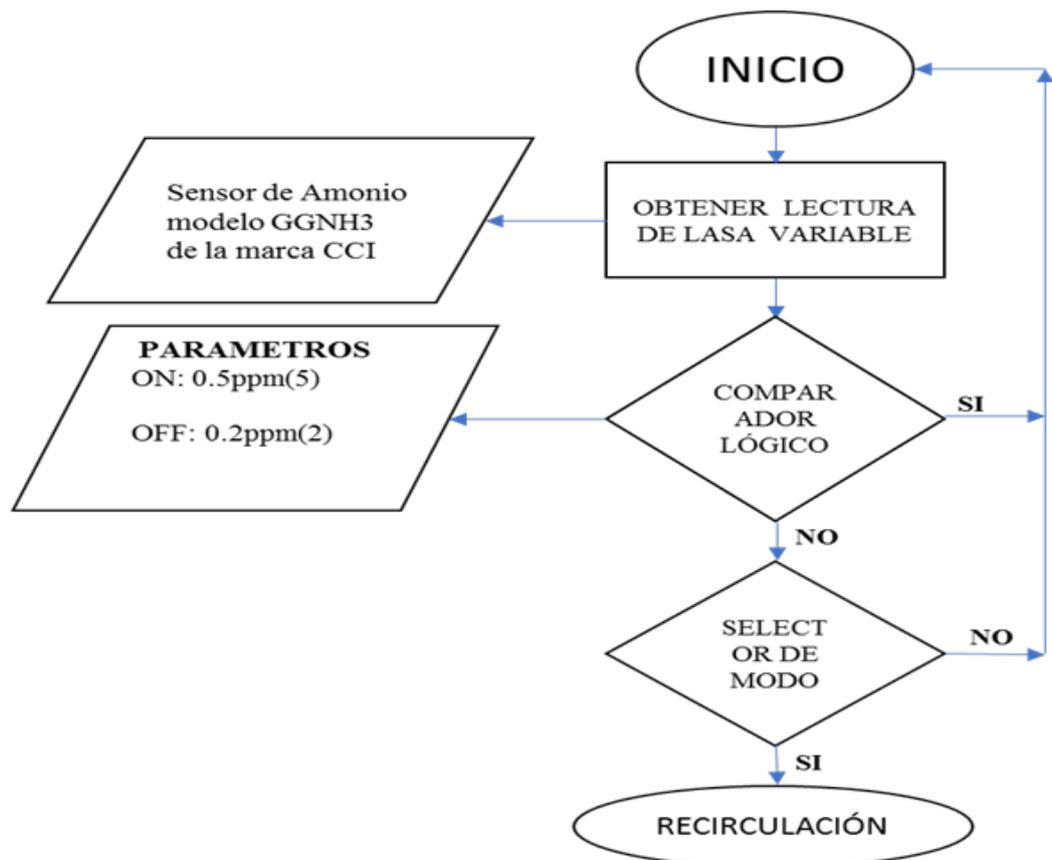
La programación de la turbidez será la siguiente



**Figura 20.** Programación de la turbidez  
Fuente: Elaboración propia

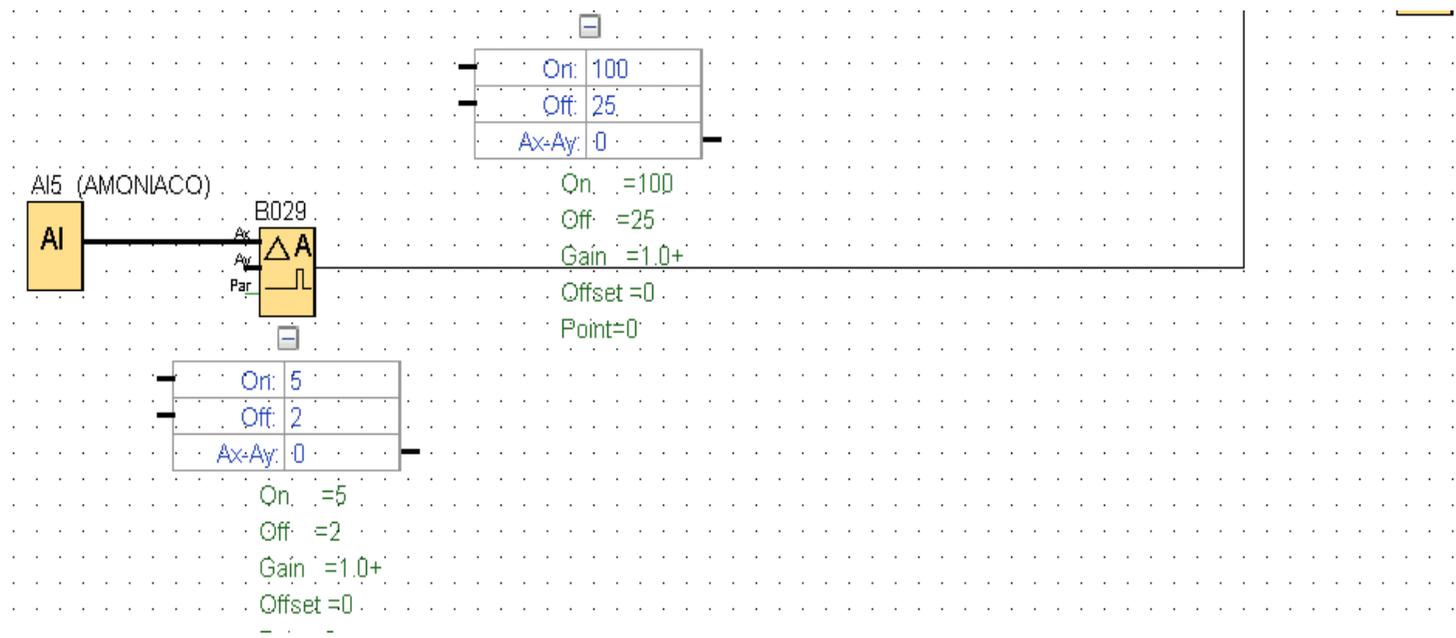
### 3.2.3.4.4. Algoritmo para control automatizado del amonio en el agua

Daremos inicio y dará paso a una lectura de la variable a través del sensor de amonio, luego pasará a un comparador analógico, el cual se encargará de leer los parámetros de amonio, si son estables pasará a inicio y hará el mismo proceso y si no pasará a un selector de modo el cual si no está automático pasará nuevamente a inicio y repetirá el proceso, si está en automático, finalmente, pasará a un actuador el que será la recirculación para así controlar los niveles de amonio. Luego elaboramos el Algoritmo tomando como fuente los valores del amonio.



*Figura 21.* Algoritmo automatizado de amonio en los estanques de cultivo

La programación del amonio será la siguiente



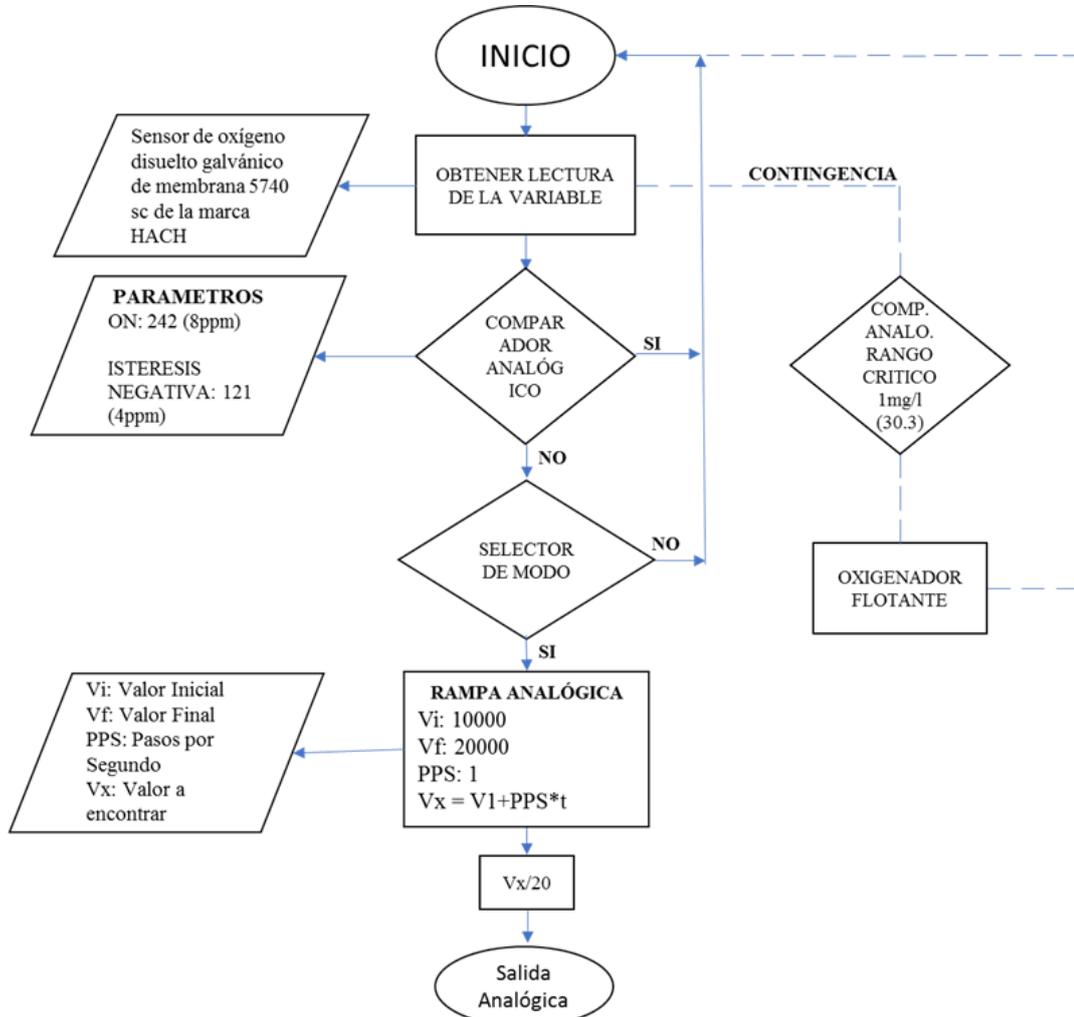
**Figura 22.** Programación del amonio.

Fuente: Elaboración propia

#### **3.2.3.4.5. Algoritmo para control automatizado el oxígeno disuelto en agua**

Iniciamos con la obtención de la lectura de la variable a través del sensor de oxígeno, del cual salen dos comparadores analógicos, uno de contingencia, él se encargará de leer si el oxígeno llegó a su rango crítico y pasará a un actuador (oxigenador flotante) para así estabilizar el oxígeno. y pasara nuevamente a inicio para seguir con el proceso, el otro comparador analógico se encargará de leer y verificar los rangos dados para el oxígeno, si están estables pasara nuevamente a inicio y hará la misma secuencia, y si no están estables pasara a un selector de modo, el cual, si no está automático regresara a inicio y realizara el mismo proceso, y si está en automático pasará a una rampa analógica, seguidamente pasará a una división para así obtener los rangos en el que se miden en el programa y finalmente pasara a una salida analógica.

Luego elaboramos el Algoritmo tomando como fuente los valores del oxígeno.



**Figura 23.** Algoritmo para programar el control automatizado del oxígeno disuelto

La programación del oxígeno será la siguiente

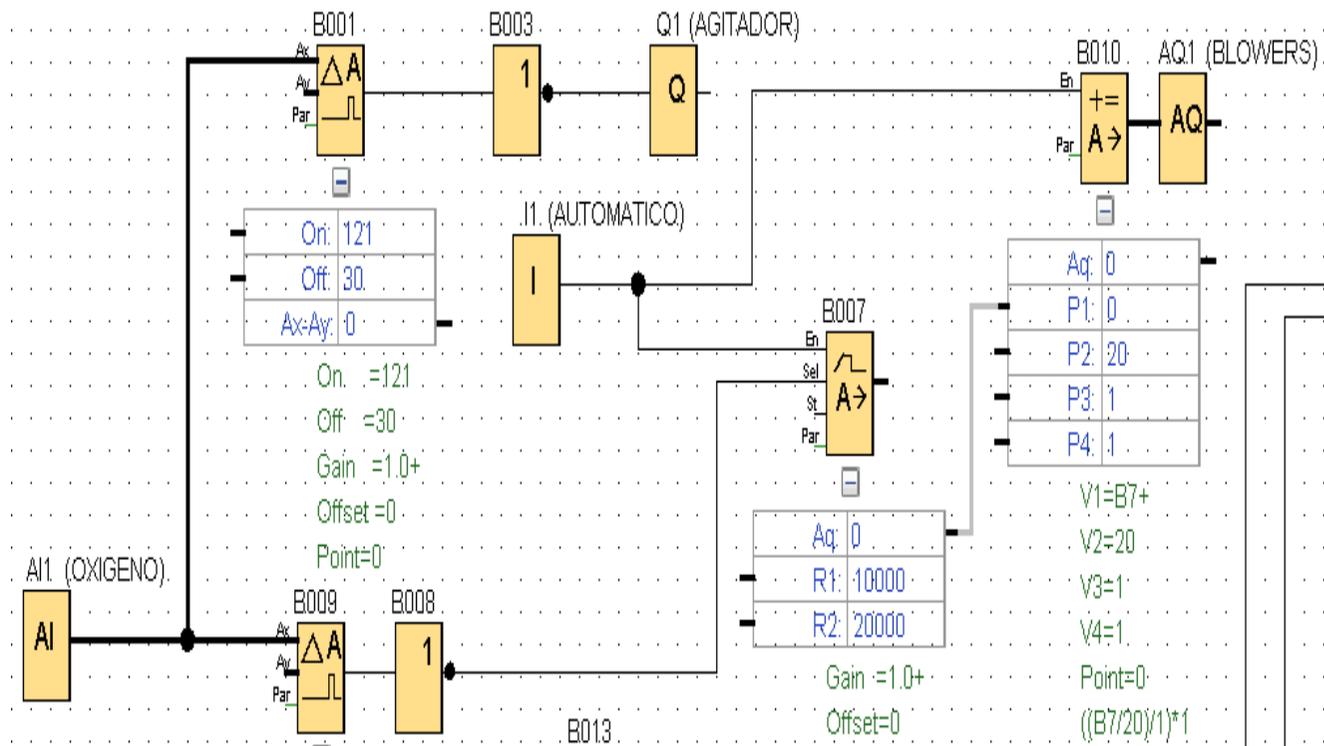


Figura 24. Programación del Oxígeno.

Fuente: Elaboración propia

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Valores para la calidad de agua y parámetros de medición en el programa de control automatizado para la calidad de agua.

**Tabla 9.**

*Valores de calidad del agua utilizados en el programa.*

<b>SENSOR</b>	<b>SALIDA DEL SENSOR</b>	<b>RANGOS DE MEDICIÓN SENSOR</b>	<b>RANGOS DE PLC</b>	<b>RANGOS DEL PROGRAMA</b>
<b>OXIGENO</b>	0-12 V	0-40 mg/litro	0-10 V	0-1000
<b>PH</b>	2-24 mA	0-14	4-20 mA	0-1000
<b>TEMPERATURA</b>	1000-1500 ohm	menos 5- 100 °C	1000-1500 ohm	0-1000
<b>TURBIDEZ</b>	4-20 mA	0.01-3000 NTU	4-20 mA	0-1000
<b>AMONIO</b>	4-20 mA	0-100 ppm	4-20 mA	0-1000

## 4.2. Diseño del programa de control automatizado para la calidad del agua en el proceso acuícola de la tilapia en Namballe – San Ignacio.

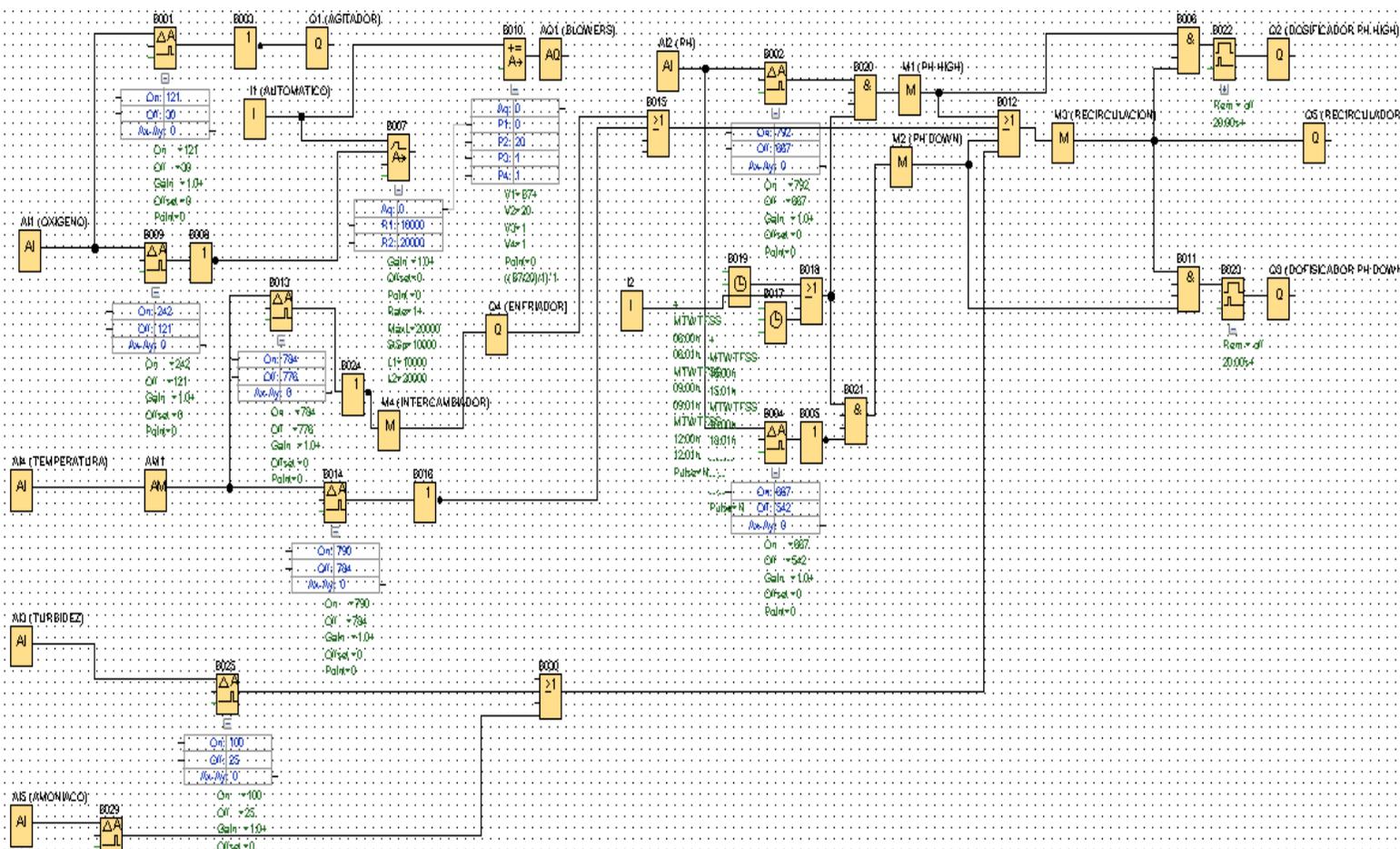


Figura 25. Programa de control automatizado total.

Fuente: Elaboración propia

Una vez diseñado el programa, se establecen los valores de acuerdo al rango a medir de cada variable que ya está estandarizado, en este caso para la calidad del agua para los módulos de cultivo de tilapia. Una vez dado los valores se da paso a la simulación del programa para validar su funcionamiento. Es así que se procede a dar inicio al programa a través de la función automático.

Una vez dado inicio al programa se alteran dichos valores para así ver la relación del programa. Los valores alterados de las distintas variables, arrojaron los siguientes resultados:

En el caso del oxígeno, cuando subió y disminuyó, se activó una válvula analógica el cual se encargó de regularlo. Cuando los valores llegaron a sus rangos críticos, automáticamente el programa mandó la señal para que se activen los actuadores respectivos (agitador de oxígeno u oxigenador flotante)

En el caso del pH, una vez alterado el pH sobre y bajo sus niveles, el programa mandó la señal para que se active el dosificado el cual se encargó de verter las sales reguladoras de pH “Solt pH” (opcional) para regular el pH a su rango adecuado para la crianza de tilapia.

En el caso de la temperatura, alterando las variables para así demostrar la reacción del programa obtuvimos que, ya sea se eleve la temperatura o disminuya el programa mandó la señal para que se active el recambio de agua a través de unas electrobombas. Cuando llegó a sus valores críticos de aumento de temperatura el programa recibió la señal y mandó una respuesta en una orden a un intercambiador de calor para enfriar el agua a su temperatura deseada para el hábitat de la tilapia.

En el caso de la turbidez, alterando los valores, el programa envió la señal a las electrobombas para así proceder con la recirculación de agua.

## V. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos:

Los rangos en los parámetros de la calidad de agua son aproximados y tomados en cuenta de estudios previos.

El programa diseñado se comprobó con excelentes resultados. Esto quiere decir que es viable.

El diseño del programa automatizado del control de las variables físico-químicas del agua de los módulos cultivo; frente a los actuales sistemas de medición y control utilizados; muestran una mejora considerable, dado que cada acción estabilizar dichas variables, es producto de una evaluación constante de las variables en sus rangos establecidos para la crianza de la tilapia. Es así que se optimiza los recursos y el tiempo, frente a los sistemas de medición y control manual.

Frente al tiempo empleado y al capital humano necesario para una lectura y un control manual de la calidad de agua los módulos de cultivo; el programa realiza la medición y lectura de las cinco variables consideradas, de manera simultánea y las acciones de regulación de dichas variables, de llegar a sus rangos críticos es inmediata. Por lo que no solo optimiza el tiempo sino una actuación a tiempo puede estabilizar las variables sin repercusiones que lamentar en las especies en crianza.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### CONCLUSIONES

De acuerdo a lo planteado, se puede concluir lo siguiente:

1. El programa diseñado para el control de calidad del agua en el proceso acuícola de la tilapia es automático; debido a que una vez que entre en funcionamiento el proceso será sin ayuda humana. Con esto la mano del hombre no será necesario que esté presente durante mediciones o ajustes de las variables físico-químicas del agua.
2. Los rangos de la calidad de agua, para los distintos parámetros son:  
Indicadores de los rangos de las variables físico-químicas del agua en estanques de cultivo de tilapia

**Tabla 10.**

*Indicadores de los rangos de las variables físico-químicas del agua*

Variable	Rangos
Temperatura	25.0 - 32.0 °C
Oxígeno Disuelto	5.0 - 9.0 mg/l
pH	6.0 - 9.0
Amonio Total	0.1 mg/l

Fuente: (Luchini, 2006)

3. De acuerdo a los estudios realizados, con este programa de control automatizado, se puede mantener los rangos máximos y mínimos requeridos de las variables temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, amonio, permitiendo así evitar errores de medición por parte del operador.
4. Con el control automatizado de las variables físico-químicas del agua como temperatura, pH, oxígeno, turbidez y amonio, se puede optimizar su calidad, proporcionando así, el hábitat necesario para la crianza de tilapias.

## **RECOMENDACIONES**

Es importante considerar las siguientes recomendaciones para un buen manejo del programa de control automatizado:

1. El personal a cargo del funcionamiento de la planta acuícola de Namballe-San Ignacio, deberá ser capacitado, y así estar preparado para el manejo del programa de control.
2. Se recomienda utilizar el programa de control diseñado por que es ajustable, por lo que se puede usar para otras especies acuáticas. Para ello solo será necesario cambiar y ajustar los valores de acuerdo a la especie a tratar.
3. Los instrumentos y actuadores especificados en este proyecto, fueron considerados como una elección de los investigadores; pero podrían ser otros. Para ello solo será necesario ajustar los valores según los datos del instrumento o equipo a usar.
4. En el caso del control del amonio en el agua de los módulos de cultivo; otra opción sería instalar un sistema acuapónico; logrando así un sistema de control eficiente conexo.

## VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuitec. (S.F.). Recuperado El 22 de junio de 2019, De <https://www.acuitec.es/es/noticia/3-Oxigenador-Loxy-La-Mejor-Solucion-Como-Equipo-De-Oxigenacion-Y-Emergencias>
- Anónimo. (S.F.). *Dosificadores*. Recuperado El 28 de abril de 2019, De <http://dosificadores.blogspot.com/2007/08/que-es-un-dosificador.html>
- Anónimo. (S.F.). *Estanques*. *Eu*. Recuperado El 28 De abril De 2019, De <https://www.estanques.eu/70-Difusores-De-Aire-Para-El-Estanque>
- Antonio, F. Q. (2018). *Diseño De Un Sistema Automatizado De Control De*.
- Astralpool. Signature. (S.F.). Bomba Dosificadora Analógica De Caudal Constante. En *Dosificación, Medición, Regulación Y Automatización* (Pág. 198). Recuperado El 22 De junio De 2019, De <http://fluidranas.synology.me/catálogos/dosificacion.pdf>
- Aw-Lake Company. (2016). *Proscan In-Line Process Sensor. Installation, Operating & Maintenance Manual*. Recuperado El 22 De junio De 2019, De [http://www.intrial.com.pe/web/images/productos/docs/p\\_273\\_gear-meter-proscan-manual%20del%20producto.pdf](http://www.intrial.com.pe/web/images/productos/docs/p_273_gear-meter-proscan-manual%20del%20producto.pdf)
- Bausá Aragonés, J., García Gómez, C., Zaragoza, B., Gil Martínez, A., Moreno Campos, D., & Galiana Llinares, A. (2004). *Sensores De Temperatura*.
- Cma. (2015). *Guía De Usuario Sensor De Ph Bt61i*. Recuperado El 25 De Abril De 2019, De [https://cma-science.nl/resources/dealers/es/manuals/bt\\_sensors/bt61i\\_es.pdf](https://cma-science.nl/resources/dealers/es/manuals/bt_sensors/bt61i_es.pdf)
- Cma. (2015). *Manual De Usuario Sensor De Turbidez Bt88i*. Recuperado El 25 De Abril De 2019, De [https://cma-science.nl/resources/dealers/es/manuals/bt\\_sensors/bt88i\\_es.pdf](https://cma-science.nl/resources/dealers/es/manuals/bt_sensors/bt88i_es.pdf)
- Cti Calibration Technologies Inc. (2017). *Sensores De Amonio*. En *Gg-Nh3\_Brochure\_Espanol.Pdf*. Recuperado El 22 De junio De 2019, De [https://www.ctiengineering.com/images/gg-nh3\\_brochure\\_espanol.pdf](https://www.ctiengineering.com/images/gg-nh3_brochure_espanol.pdf)

- Fao. (2017). *Historia De La Acuicultura*. Recuperado El 23 De Abril De 2019, De [Https://Www.Agroindustria.Gob.Ar/Sitio/Areas/Acuicultura/Publicaciones/\\_Archivos/000000\\_Informaci%C3%B3n%20y%20noticias%20vinculadas%20al%20sector/170424\\_Historia%20de%20la%20acuicultura%20fao.Pdf](https://Www.Agroindustria.Gob.Ar/Sitio/Areas/Acuicultura/Publicaciones/_Archivos/000000_Informaci%C3%B3n%20y%20noticias%20vinculadas%20al%20sector/170424_Historia%20de%20la%20acuicultura%20fao.Pdf)
- Fiagro. (11 De Setiembre De 2011). *Fiagro*. Obtenido De Fiagro: [Https://Fiagro.Wordpress.Com/](https://fiagro.wordpress.com/)
- Hach. (2016). *Sensor De Oxígeno Disuelto Galvánico De Membrana 5740 Sc. Manual De Usuario* (2 Ed.). Recuperado El 22 De junio De 2019, De [Https://Co.Hach.Com/Asset-Get.Download.Jsa?Id=51325643456](https://Co.Hach.Com/Asset-Get.Download.Jsa?Id=51325643456)
- Jaramillo, O. A. (2007). *Intercambiadores De Calor*.
- Jiménez Sáenz, J. (2018). *Instructivo Para El Diseño, Construcción Y Manejo De Sistemas De Recirculación En El Cultivo De Paco*. Perú.
- Luchini. (2006). *Tilapia: Su Cultivo Y Sistemas De Producción*. Recuperado El 23 De abril De 2019, De [Https://Www.Agroindustria.Gob.Ar/Sitio/Areas/Acuicultura/Cultivos/Especies/\\_Archivos/000008-Tilapia/071201\\_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20\(Parte%201\).Pdf](https://Www.Agroindustria.Gob.Ar/Sitio/Areas/Acuicultura/Cultivos/Especies/_Archivos/000008-Tilapia/071201_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20(Parte%201).Pdf)
- Maldonado Laurente, Á. (2008). *Diseño De Una Red Utilizando El Protocolo De Comunicaciones Zigbee Para El Sistema De Recirculación De La Planta Acuícola Pucp*. Tesis Para Optar El Título De Ingeniero Electrónico.
- Mendoza Livia, W. R. (2011). *Control De Temperatura Y Monitoreo De Ph Del Agua En El Proceso De Incubación De Tilapias Usando Plc*. Tesis Para Optar El Título De Ingeniero Electrónico.
- Merino, O. G., & Sal, F. M. (2007). *Sistemas De Recirculación Y Tratamiento Del Agua*. Informe Técnico.
- Quiroz, F. (2018). *Diseño De Un Sistema Automatizado De Control De Temperatura Y Ph Para Mejorar La Crianza De Alevines De Paiche De Etapa 1 En El Instituto De Investigaciones De La Amazonía Peruana*. Tesis Para Optar El Título De Ingeniero Electrónico.
- Quiroz, F. (S.F.). Tesis Para Optar Por Gr. *Diseño De Un Sistema Automatizado De Control De*.
- Saavedra Martínez, M. (2006). *Manejo Del Cultivo De La Tilapia*.

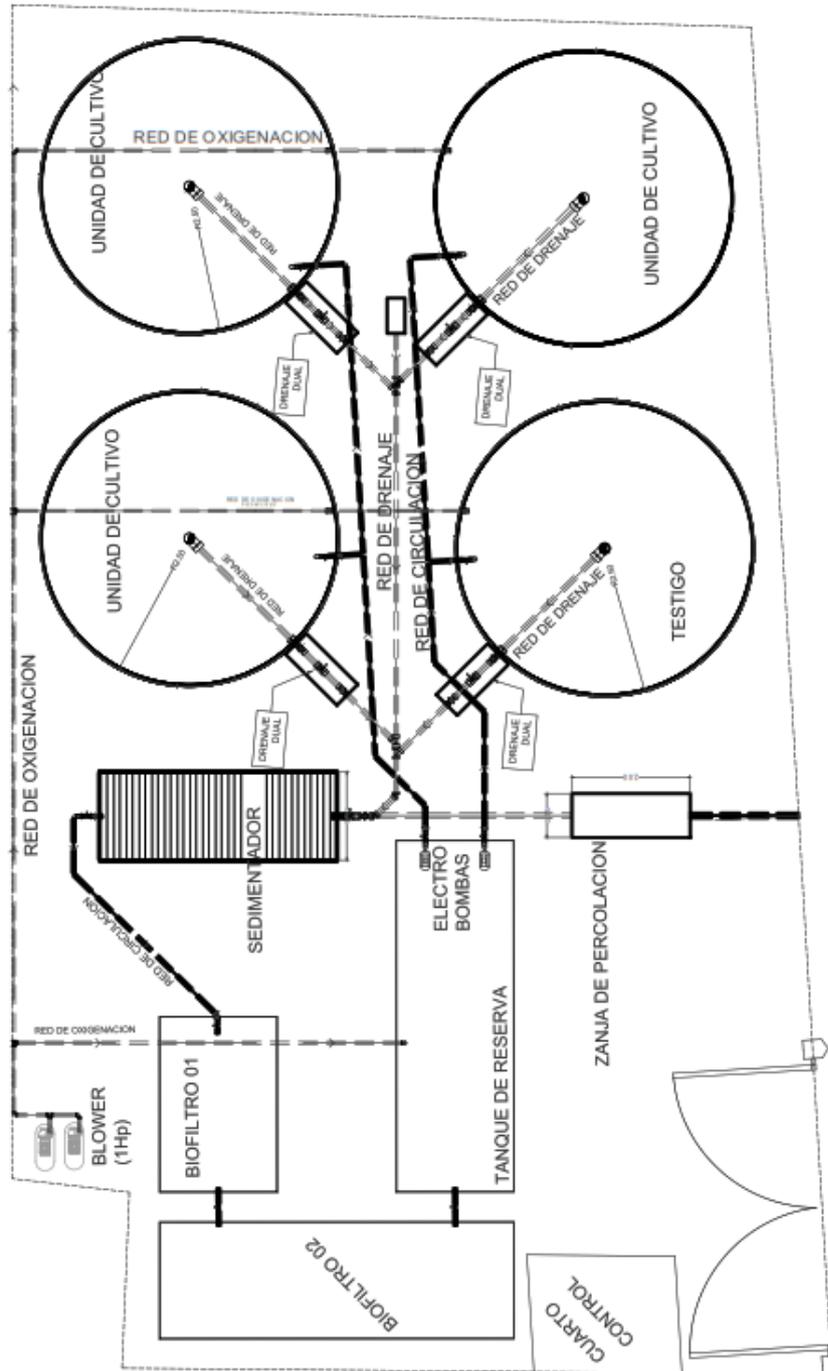
- Sensorex Corporation. (S.F.). *Tx100 Ph/Orp Transmitter. Product Specification Sheet*. Recuperado El 24 De Junio De 2019, De <https://www.sensorex.com/docs/specs/specstx100.pdf>
- Siemens. (2015). *Hoja De Datos 6ed1052-1md00-0ba8*. Recuperado El 20 De Junio De 2019, De <https://www.solucionesyservicios.biz/webroot/.../6ed10521md000ba8.pdf>
- Siemens. (2017). *Immersion Temperature Sensors Qae 26.9...* Recuperado El 25 De Junio De 2019, De <https://hit.sbt.siemens.com/rwd/app.aspx?rc=hqeu&lang=en&module=catalog&action=showproduct&key=bpz%3aqa%2026.9>
- Siemens. (S.F.). *Siemenslogo*. Recuperado El 25 De Junio De 2019, De <http://siemenslogo.com/que-son-fup-y-kop-en-siemens-logo/>
- Vayremex. (S.F.). *Válvula De Alivi Modelo 632*. Recuperado El 22 De Junio De 2019, De <https://cavilse.com/assets/catalogos/vayremex/válbulas%20%20alivio/psv632-06.pdf>
- Wurmann. (2005). *Diversificación De La Acuicultura*.

## VIII. ANEXOS

### *Anexo I. Proyecto actual de Namballe*



Anexo 2. Plano de la actual planta en Namballe



Anexo 3. Ficha técnica del PLC.

# SIEMENS

## Hoja de datos

6ED1052-1MD00-0BA8



LOGO!12/24RCE, MOD. LOG.,DISPL. AL/E/S: 12/24V DC/RELE, 8ED(4EA)/4SD, MEM. 400 BLOQUES, AMPLIABLE MODULARMENTE,ETHERNET WEB-SERVER INTEGR., DATALOG, TARJETA MICRO SD ESTANDAR PARA LOGO! SOFT COMFORT >= V8 PROYECTOS ANTIGUOS EJECUTABLES

Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 12 V DC	Si
• 24 V DC	Si
Rango admisible, límite inferior (DC)	10,8 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Hora	
Programadores horario.	
• Cantidad	8
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8; de ellas, 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V)
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Intensidad de salida	
• para señal "1" rango admisible para 0 a 55 °C, máx.	10 A
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A

**Anexo 4.** Tabla de presupuesto

**Tabla 11.**  
*Presupuesto*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (S/.)</b>	<b>Subtotal (S/.)</b>
Programa	Unidad	1	S/1,000.00	S/1,000.00
PLC	Unidad	1	S/500.00	S/500.00
Módulo de Ampliación	Unidad	1	S/200.00	S/200.00
Sensor de Oxígeno	Unidad	1	S/800.00	S/800.00
Sensor de pH	Unidad	1	S/250.00	S/250.00
Sensor de Temperatura	Unidad	1	S/325.00	S/325.00
Sensor de Turbidez	Unidad	1	S/1,200.00	S/1,200.00
Sensor de Amonio	Unidad	1	S/750.00	S/750.00
Tablero de Control	Global	1	S/1,500.00	S/1,500.00
Cables y terminales	Global	1	S/1,000.00	S/1,000.00
Montaje Electro mecánico	Global	2	S/600.00	S/1,200.00
Herramientas (Alicate, desarmador, etc.)	Global	2	S/300.00	S/600.00
Transporte	Global	2	S/500.00	S/1,000.00
<b>TOTAL SIN I.G.V.</b>				<b>S/10,325.00</b>