

# INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO



INSTITUTO TECNOLÓGICO  
**SUDAMERICANO**  
*Hacemos gente de talento!*



**ELECTRÓNICA**  
TECNOLOGÍA SUPERIOR

## TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRONICA

DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA  
CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO  
ABRIL - SEPTIEMBRE 2021

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN LA  
CARRERA ELECTRONICA

### AUTORES:

Julio Fernando López Rogel

Lenin Gonzalo Salazar Mayacu

### DIRECTOR DE TESIS:

Ing. César Cristian Carrión Aguirre

Loja, Octubre 2021

**Certificación del director del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera****Ing.**

César Cristian Carrión Aguirre

**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN****CERTIFICA:**

Que ha supervisado el presente proyecto de investigación titulado “**DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021**” el mismo que cumple con lo establecido por el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano; por consiguiente, autorizo su presentación ante el tribunal respectivo.

Loja, 13 de septiembre del 2021

.....

**Firma****Ing. César Cristian Carrión Aguirre**

**Autoría**

Yo JULIO FERNANDO LÓPEZ ROGEL C.I. N° 1105050833 declaro ser el autor del presente trabajo de investigación titulado DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021, es original e inédito, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el proyecto de investigación

Loja, 13 de septiembre de 2021

.....

**Firma**

**C.I. 1105050833**

**Autoría**

Yo LENIN GONZALO SALAZAR MAYACU C.I. N° 1600439143 declaro ser el autor del presente trabajo de investigación titulado **DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021**, es original e inédito, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el proyecto de investigación

Loja, 13 de septiembre de 2021

.....

**Firma**

**C.I. 1600439143**

### **Dedicatoria**

El presente proyecto de investigación se lo dedico a mis padres que me motivaron a seguir con mis estudios superiores, a mi esposa que me acompaño en este largo proceso ya que ellos siempre han estado para apoyarme mental y psicológicamente, a mi hijo que es mi motor principal, el que me inspira a jamás rendirme y llegar a ser un ejemplo para él.

**Julio Fernando López Rogel**

### **Dedicatoria**

Este trabajo lo dedico en primer lugar a Dios por darme la sabiduría y fortaleza necesaria para llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional y cumplir una meta más en mi vida.

A mi padre Herminio Salazar quien estuvo siempre a mi lado inculcándome valores para ser una persona de bien.

A mi esposa Mónica Mosquera quien me motivo a seguir mis estudios superiores y ha sido un pilar fundamental en este logro, a mis hijas Sofía y Emily que son mi inspiración a seguir cada día hacia adelante.

**Lenin Gonzalo Salazar Mayacu**

### **Agradecimiento**

Agradezco primeramente a Dios por permitirme culminar con éxito tan anhelada meta.

Mi gratitud al “Instituto Superior Tecnológico Sudamericano” por ser el centro de mi formación académica, a los docentes que impartieron sus conocimientos en todos estos ciclos, complementando de esta manera mi formación integral.

De manera especial al Ing. Cesar Carrión director de la presente tesis por su ayuda brindada en el desarrollo de la misma; así mismo a mi compañero Lenin Salazar por compartir esta experiencia conmigo.

Finalmente, a todos quienes han sido parte de este proceso y que de una u otra manera han colaborado para poder llegar a cumplir mi sueño.

**Julio Fernando López Rogel**

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por estar siempre conmigo por la salud, la vida para poder trabajar y tener el sustento fundamental que permite cumplir este objetivo, así también al Instituto Superior Tecnológico Sudamericano, a todos los docentes que estuvieron prestos a aclarar las dudas y supieron brindar sus conocimientos en todos estos ciclos.

De manera especial agradezco al Ing. Cesar Carrión director de la presente tesis por la ayuda brindada en el desarrollo y conclusión, así mismo a mi compañero Fernando López por ser parte de esta experiencia profesional.

**Lenin Gonzalo Salazar Mayacu**

**Acta de cesión de derechos****ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA**

Conste por el presente documento la cesión de los derechos de proyecto de investigación de fin de carrera, de conformidad con las siguientes cláusulas:

**PRIMERA.** - El Ing. César Cristian Carrión Aguirre, por sus propios derechos, en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera; y el señor Julio Fernando López Rogel; Mayor de edad, por sus propios derechos en calidad de autor del proyecto de investigación de fin de carrera; emiten la presente acta de cesión de derechos.

**SEGUNDA.** - Declaratoria de autoría y política institucional.

**UNO.** – Julio Fernando López Rogel, realizó la Investigación titulada **“DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021”** para optar por el título de Tecnólogo en Electrónica, en el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja, bajo la dirección del Ing. César Cristian Carrión Aguirre

**DOS.** - Es política del Instituto que los proyectos de investigación de fin de carrera se apliquen y materialicen en beneficio de la comunidad.

**TERCERA.** - Los comparecientes Ing. César Cristian Carrión Aguirre en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera y Julio Fernando López Rogel como autor, por medio del presente instrumento, tienen a bien ceder en

forma gratuita sus derechos en proyecto de investigación de fin de carrera titulada **“DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021”** a favor del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja; y, conceden autorización para que el Instituto pueda utilizar esta investigación en su beneficio y/o de la comunidad, sin reserva alguna.

**CUARTA.** - Aceptación. - Las partes declaran que aceptan expresamente todo lo estipulado en la presente cesión de derechos.

Para constancia suscriben la presente cesión de derechos, en la ciudad de Loja, en el mes de septiembre del año 2021.

F. \_\_\_\_\_

Ing. César Cristiana Carrión Aguirre

C.I. 1104079494

F. \_\_\_\_\_

Julio Fernando López Rogel

C.I. 1105050833

## Acta de cesión de derechos

### ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA

Conste por el presente documento la cesión de los derechos de proyecto de investigación de fin de carrera, de conformidad con las siguientes cláusulas:

**PRIMERA.** - El Ing. César Cristian Carrión Aguirre, por sus propios derechos, en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera; y el señor Lenin Gonzalo Salazar Mayacu; Mayor de edad, por sus propios derechos en calidad de autor del proyecto de investigación de fin de carrera; emiten la presente acta de cesión de derechos.

**SEGUNDA.** - Declaratoria de autoría y política institucional.

**UNO.** – Lenin Gonzalo Salazar Mayacu, realizó la Investigación titulada **“DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021”** para optar por el título de Tecnólogo en Electrónica, en el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja, bajo la dirección del Ing. César Cristian Carrión Aguirre.

**DOS.** - Es política del Instituto que los proyectos de investigación de fin de carrera se apliquen y materialicen en beneficio de la comunidad.

**TERCERA.** - Los comparecientes Ing. César Cristian Carrión Aguirre, en calidad de director del proyecto de investigación de fin de carrera y Lenin Gonzalo Salazar Mayacu como autor, por medio del presente instrumento, tienen a bien ceder

en forma gratuita sus derechos en proyecto de investigación de fin de carrera titulada **“DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021”** a favor del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de Loja; y, conceden autorización para que el Instituto pueda utilizar esta investigación en su beneficio y/o de la comunidad, sin reserva alguna.

**CUARTA.** - Aceptación. - Las partes declaran que aceptan expresamente todo lo estipulado en la presente cesión de derechos.

Para constancia suscriben la presente cesión de derechos, en la ciudad de Loja, en el mes de marzo del año 2021.

F. \_\_\_\_\_  
Ing. César Cristian Carrión Aguirre

C.I. 1104079494

F. \_\_\_\_\_  
Lenin Gonzalo Salazar Mayacu

C.I. 1600439143



### **Declaración juramentada**

Loja, 13 de septiembre de 2021

**Nombres:** Julio Fernando

**Apellidos:** López Rogel

**Cédula de Identidad:** 1105050833

**Carrera:** Electrónica

**Semestre de ejecución del proceso de titulación:** Abril 2021 – Septiembre 2021

**Tema de proyecto de investigación de fin de carrera con fines de titulación:**

“DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021”

En calidad de estudiante del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja;

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo intelectual y de investigación del proyecto de fin de carrera.

2. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. El trabajo de investigación de fin de carrera presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Las imágenes, tablas, gráficas, fotografías y demás son de mi autoría; y en el caso contrario aparecen con las correspondientes citas o fuentes.

Por lo expuesto; mediante la presente asumo frente al INSTITUTO cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

En consecuencia, me hago responsable frente al INSTITUTO y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar al INSTITUTO o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en el trabajo de investigación de fin de carrera presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello.

Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para EL INSTITUTO en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente dispuesta por la LOES y sus respectivos reglamentos y del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja.

Firma.....

Nro. Cédula 1105050833



### **Declaración juramentada**

Loja, 13 de septiembre de 2021

**Nombres:** Lenin Gonzalo

**Apellidos:** Salazar Mayacu

**Cédula de Identidad:** 1600439143

**Carrera:** Electrónica

**Semestre de ejecución del proceso de titulación:** Abril 2021 – Septiembre 2021

**Tema de proyecto de investigación de fin de carrera con fines de titulación:**

“DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021”

En calidad de estudiante del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja;

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo intelectual y de investigación del proyecto de fin de carrera.

2. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. El trabajo de investigación de fin de carrera presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. El trabajo de investigación de fin de carrera no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Las imágenes, tablas, gráficas, fotografías y demás son de mi autoría; y en el caso contrario aparecen con las correspondientes citas o fuentes.

Por lo expuesto; mediante la presente asumo frente al INSTITUTO cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

En consecuencia, me hago responsable frente al INSTITUTO y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar al INSTITUTO o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en el trabajo de investigación de fin de carrera presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello.

Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para EL INSTITUTO en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación de fin de carrera.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente dispuesta por la LOES y sus respectivos reglamentos y del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja.

Firma.....

Nro. Cédula 1600439143

## 1.- Índice de contenido

Certificación del director del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera .....	II
Autoría.....	III
Dedicatoria .....	V
Agradecimiento .....	VII
Acta de cesión de derechos .....	IX
Declaración juramentada.....	XIII
1.- Índice de contenido .....	19
1.2 Índice de figuras .....	22
Índice de tablas .....	24
2.- Resumen .....	25
3. - Abstract.....	27
4. - Problemática .....	29
5. - Tema .....	31
6. - Justificación .....	32
7. - Objetivos.....	33
7.1 Objetivo General. ....	33
7.2 Objetivos Específicos. ....	33
8.- Marco teórico.....	35
8.1.- Marco institucional .....	35
8.2.1 Antecedentes investigativos. ....	44
8.2.2 Requerimientos ambientales.....	45
8.2.2.4 Medición del pH.....	49
8.2.2.6. Turbidez y transparencia del agua.....	53
8.2.2.10. Medición de la turbidez con el disco de Secchi .....	57
8.2.2.11. Medición de la transparencia del disco de Secchi .....	58
8.2.2.12. Temperatura del agua en el estanque .....	59
8.2.2.14. Registro de las temperaturas mínimas, máximas y media del agua .....	64
8.2.2.15. Requerimiento de OD en las distintas etapas de la vida (mg/l o porcentaje de valores de saturación).....	65
9.- Diseño Metodológico.....	66
9.1. Métodos de investigación .....	66

9.1.1. Método hermenéutico.....	66
9.1.2. Método fenomenológico.....	66
9.1.3. Método practico proyectual.....	67
9.2. Técnicas de investigación.....	67
9.2.1. Investigación documental.....	67
9.2.2. Observación.....	68
9.2.3. Prueba y error.....	68
10. Propuesta de acción.....	70
10.1. Selección de materiales .....	70
10.1.1. Arduino Nano .....	70
10.1.2. Módulo ESP32v1.....	72
10.1.3. Sensor de oxígeno disuelto.....	73
10.1.4. Sensor de PH.....	75
10.1.5. Sensor Temperatura.....	76
10.1.6. Batería de 12V.....	78
10.1.7. Pantalla LCD 16X4.....	79
10.1.8. Pulsadores.....	80
10.1.9. Buzzer.....	81
10.1.10. Contactor.....	82
10.1.11. Módulo relé.....	83
10.1.12. Tubería.....	84
10.1.13. Gabinete metálico.....	85
10.1.14. Bomba de agua.....	85
10.2.1. Plataforma de programacion Arduino.....	87
10.2.2. Software ESASYEDA.....	88
10.2.3. Plataforma BLYNK.....	88
10.2.4. Plataforma ThingSpeak .....	89
10.3. Desarrollo del prototipo.....	90
10.3.1. Diagrama de conexión sensor de oxígeno disuelto .....	90
10.3.3. Diagrama de conexión sensor de pH.....	94
10.3.5. Diagrama de conexión sensor de temperatura.....	96
10.3.7. Diagrama de conexión del sistema de oxigenación.....	97
10.3.8. PCB para sistema de oxigenación .....	99
10.3.9. Pines de conexión para el sistema de oxigenación.....	101
10.3.10. Diagrama de flujo del sistema de oxigenación.....	102

10.3.11. Diagrama de Estados del menú. ....	103
10.3.12. Diagrama de flujo del monitoreo y control remoto. ....	104
10.3.13. Sistema para alimentación de emergencia.....	105
10.3.14. Cálculo de consumo del sistema. ....	106
10.3.15. Desarrollo de App .....	107
10.4. Calibración de sensores .....	111
10.7. Pruebas del prototipo.....	125
10.7.1. Prueba 1: Sensores.....	125
10.7.2. Prueba 2: Tiempo de oxigenación. ....	126
10.7.3. Prueba 3: Respuesta en control remoto. ....	127
10.7.4. Prueba 4: Prueba de mortalidad de peces .....	127
10.7.5. Resultados del prototipo. ....	129
11. Conclusiones. ....	131
13. Referencias Bibliografía.....	134
14. Anexos .....	138
14.1. Certificado de aprobación. ....	138
14.2. Autorización para la ejecución .....	139
14.3. Autorización para la ejecución .....	140
14.4. Certificado de implementación .....	141
14.5. Certificado de implementación .....	142
14.6. Certificado de aprobación del Abstract .....	143
14.7. Presupuesto.....	144
14.8. Cronograma de actividades .....	145
14.9. Programación.....	146
14.9.1. Código Arduino .....	146
14.9.2. Código ESP32 .....	149
14.10. Datasheet .....	151
14.10.1. Bomba Paolo 1/2HP .....	151
14.10.2. Esp32 .....	152
14.10.3. Arduino nano .....	154

## 1.2 Índice de figuras

Figura 1 Estructura del modelo educativo .....	42
Figura 2 Proceso de respiración .....	46
Figura 3 Proceso de fotosíntesis.....	47
Figura 4 Proceso de descomposición .....	47
Figura 5. Colorímetro medidor de pH.....	50
Figura 6. Medidor de pH con electrodo de vidrio.....	51
Figura 7 Turbidez del agua 10% .....	54
Figura 8 Turbidez del agua en 40% .....	54
Figura 9 Primer paso para medición de turbidez .....	56
Figura 10 Segundo paso para medición de turbidez .....	56
Figura 11 Ejemplo de medición de turbidez con disco secchi .....	59
Figura 12 Arduino Nano. ....	70
Figura 13 Módulo ESP32.....	72
Figura 14 Sonda SEN0237.....	73
Figura 15 Sensor de pH.....	75
Figura 16 Sensor DS18B20.....	76
Figura 17 Batería.....	78
Figura 18 Pantalla LCD. ....	79
Figura 19 Pulsadores .....	80
Figura 20 Buzzer .....	81
Figura 21 Contactor de 110V .....	82
Figura 22 Modulo Relé de 2 canales.....	83
Figura 23 Tubería.....	84
Figura 24 Gabinete metálico .....	85
Figura 25 Bomba de agua de ½ HP .....	85
Figura 26 Plataforma de programación Arduino .....	87
Figura 27 Entorno de EasyEDA.....	88
Figura 28 Arquitectura de Blynk.....	89
Figura 29 ThingSpeak.....	90
Figura 30 Conexión del sensor de Oxígeno disuelto con Arduino Nano.....	90
Figura 31 Diagrama de flujo de calibración y funcionamiento del sensor de oxigenación .....	92
Figura 32 Diagrama de flujo sensor de pH .....	93
Figura 33 Conexión del sensor pH con el Arduino Nano .....	94

Figura 34 Diagrama de flujo sensor de pH .....	95
Figura 35 Conexión del sensor de temperatura con el Arduino Nano .....	96
Figura 36 Diagrama de flujo sensor de temperatura .....	97
Figura 37 Conexión del sensor MPU6050 con el arduino mini y actuadores.....	99
Figura 38 PCB diseñada para sistema de oxigenación, control y monitoreo.....	100
Figura 39 Vista 3D de la PCB diseñada para sistema de oxigenación, control y monitoreo .....	100
Figura 40 Diagrama de flujo del sistema de oxigenación .....	102
Figura 41 Diagrama de estados del menú del sistema de oxigenación .....	103
Figura 42 Diagrama de flujo del monitoreo y control remoto .....	104
Figura 43 Diagrama de conexión para sistema de alimentación de emergencia.....	105
Figura 44 App Blynk para descargar en Play Store .....	108
Figura 45 Credenciales de Blynk .....	108
Figura 46 Datos del proyecto .....	109
Figura 47 App de monitoreo y control remoto.....	110
Figura 48 Captura del código.....	111
Figura 49 Calibración de sensor de oxígeno .....	112
Figura 50 Toma de datos durante calibración de sensor de oxígeno .....	113
Figura 51 Relación aproximada entre el voltaje de saturación y la temperatura. ....	114
Figura 52 Toma de datos durante calibración de sensor de oxígeno .....	115
Figura 53 Relación aproximada entre el voltaje y nivel de pH.....	116
Figura 54 Efecto Venturi.....	117
Figura 55 Reducción de tubería para Efecto Venturi.....	118
Figura 56 Salida al exterior para ingreso de aire al agua .....	119
Figura 57 Implementación de gabinete de control para oxigenación .....	120
Figura 58 Vista al interior de gabinete .....	121
Figura 59 Vista exterior del gabinete .....	122
Figura 60 Circuito de tubería instalada en el estanque .....	123
Figura 61 Profundidad de tubería instalada .....	124
Figura 62 Profundidad de tubería instalada .....	124
Figura 63 Resultados de mortalidad.....	129

### 1.3. Índice de tablas

Tabla 1 Total, de sólidos en suspensión (TSS) en el agua de un estanque .....	55
Tabla 2 Rangos de temperatura de especies comunes de peces (en °C) .....	60
Tabla 3 Requerimientos de OD .....	65
Tabla 4 Características Arduino Nano. ....	71
Tabla 5 Características ESP32. ....	72
Tabla 6 Características del Sonda SEN0237 .....	74
Tabla 8 Características del Sensor de pH.....	76
Tabla 9 Características del Sensor DS18B20.....	77
Tabla 10 Características de la batería de 12V .....	79
Tabla 11 Características de la pantalla LCD .....	80
Tabla 12 Características del contactor de 110V.....	83
Tabla 13 Características del Módulo Relé de 2 canales.....	84
Tabla 14 Características de la bomba de Agua .....	86
Tabla 15 Pines de conexión.....	101
Tabla 16 Consumo de corriente de los componentes del prototipo. ....	106
Tabla 17 Toma de datos por los sensores.....	125
Tabla 18 Toma de tiempos de oxigenación.....	126
Tabla 19 Toma de tiempo de respuesta desde app al sistema en campo.....	127
Tabla 20 Mortalidad de peces con y sin el sistema implementado. ....	128
Tabla 21 Análisis de resultados de funcionamiento del sistema.....	129
Tabla 21 Presupuesto. ....	144
Tabla 22 Cronograma de actividades.....	145

## 2.- Resumen

La piscicultura, una actividad económica rentable que monitorea el crecimiento y la reproducción de peces, cosecha y finalmente, comercialización. Se deben cumplir condiciones ambientales definidas, como una buena concentración de oxígeno, agua saludable y saturación del aire para una producción eficiente que reduzcan el índice actual de mortalidad en el país del 20% y que conlleve una eficaz automatización de los criaderos.

Para ello se plantea esta investigación que se basa en la implementación de un sistema de oxigenación para criadero de peces, cuyo principal objetivo es introducir tecnología en la piscicultura para monitorear constantemente los niveles de oxígeno, e incrementar la concentración del mismo de manera automática permitiendo optimizar la producción y evitar la muerte masiva de los peces.

Para el desarrollo se aplica la metodología hermenéutica y a la investigación documental, de donde se obtuvo indicadores de altitud, temperatura del agua, niveles de concentración de oxígeno disuelto, pH para el cultivo de tilapia. Con esta información se procede, en base al método práctico proyectual, al desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real, que además controle de manera automática el nivel de oxígeno disuelto dentro del rango definido para la especie. Basada en la observación e investigación, se determina que no todas las especies necesitan las mismas cantidades de oxígeno disuelto, para ello se implementó una estación de control cerca del estanque que le permite modificar los niveles de oxígeno disuelto

según la especie o a su vez activar el modo manual para oxigenar el estanque a criterio del encargado del criadero, aplicando la metodología fenomenológica.

Al concluir la implementación del sistema se obtuvo como resultados estables de pH y oxígeno disuelto de 7 y 6.5mg/l respectivamente, mientras la temperatura se ha mantenido dentro del rango de aceptable con un promedio de 14.5°C, con lo cual se redujo considerablemente el índice de mortalidad en un 66% con el sistema implementado. En base a los resultados se concluye que el sistema mejora a un 98% la producción de tilapias sanas, evitando la muerte masiva de los peces y reduciendo los costos de producción.

### 3. - Abstract

Fish farming, is a profitable economic activity that monitors fish growth and reproduction, harvesting and finally commercialization. Defined environmental conditions such as good oxygen concentration, healthy water, and air saturation must be met for an efficient production to reduce the current 20% mortality rate in the country and lead to an effective automation of hatcheries.

For this, this research is proposed, which is based on the implementation of an oxygenation system for fish hatcheries, whose main objective is to introduce technology in fish farming to monitor oxygen levels constantly, and increase the concentration of it in an automatic way, allowing the optimization of production and avoiding the massive death of fish.

Furthermore, at the end of the implementation of the system, there were stable results of pH and dissolved oxygen of 7 and 6.5 mg/l respectively, while the temperature has remained within the acceptable range with an average of 14.5°C, which considerably reduced the mortality rate in a 66% with the implemented system. Based on the results, it is concluded that the system improves the production of healthy tilapia by 98%, avoiding the massive death of fish and reducing production costs.

Finally for the project development, the hermeneutic methodology and documentary research were applied, from which indicators of altitude, water temperature, dissolved oxygen concentration levels, and pH for trout farming were

obtained. With this information we proceeded, based on the practical project method, to the development of a real-time monitoring system, which also controls automatically the level of dissolved oxygen within the range defined for the species. Based on observation and research, it is determined that not all species need the same amounts of dissolved oxygen, for this, a control station was implemented near the pond that permits to modify the levels of dissolved oxygen according to the species or to activate the manual mode to oxygenate the pond at the discretion of the hatchery manager, applying the phenomenological methodology.

TRADUCIDO POR: Lic. Karla Castillo A.

CONTACTO: 0968938539

#### 4. - Problemática

Según (Group, 2021) para conseguir peces sanos el factor más importante es contar con agua saludable. Si se quiere obtener buenos resultados y mejorar la producción el control de la concentración de oxígeno disuelto es fundamental en este sector. Generalmente, puede concluirse lo siguiente: cuanto mayor es la concentración de oxígeno, mayor es la saturación del aire, con lo cual mejoran las condiciones de salud y crecimiento de los peces.

Según un estudio presentado por (CEMIT, 2019), ante la cámara de cenadores de Paraguay encontraron un bajo nivel de oxígeno en las muestras de agua, que constituiría en la causa de la mortalidad de peces, en el Río Paraguay. Los investigadores, luego de un estudio a profundidad de los valores de la muestra en cuanto al oxígeno disuelto, estaban en un promedio de 1 a 1,5 mg/l hasta 2 mg/l suficientes para provocar la muerte de los peces. Los valores normales señalan que deberían estar entre los 4 mg/l a 5 mg/l. Ahora la problemática principal a nivel regional es que los criaderos de peces son implementados de tal manera que no tienen control en su sistema de oxigenación, lo cual implica que no se llegue a los niveles en **mg/l** necesarios para mantener con vida a los especímenes.

En Ecuador, la producción de tilapia roja y trucha que son los que se comercializan mayormente en los criaderos, requiere mayor tiempo para alcanzar el desarrollo ideal debido al déficit de oxígeno en el agua de los estanques. Según un estudio realizado por la Escuela Politécnica Nacional la mortalidad en tilapia roja alcanza el 20% en criaderos, por esta razón, se trata de corregir las estratificaciones térmicas (temperatura y oxígeno disuelto), mediante el control de aireación a

implementar para combatir la problemática a nivel nacional. Como menciona el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), el principal inconveniente en los criaderos para una producción eficiente es al momento de oxigenar el agua, debido a que este proceso lo realizan de manera empírica sin control ni un correcto sistema automatizado.

## 5. - Tema

“DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021”

## 6. - Justificación

En el ámbito académico el presente proyecto de investigación es un requisito indispensable para poder obtener el título de tecnólogo de electrónica en el Instituto Superior Tecnológico Sudamericano, además de poner en práctica los conocimientos adquiridos en el recorrido académico.

Dentro del tema económico el sistema que se está implementando ha levantado el interés de piscícolas privadas que producen tilapias y truchas para el consumo local ya que esto ayudará a mejorar la producción y por ende las ganancias.

Ambientalmente el sistema permitirá mantener los parámetros de oxigenación y la flora bacteriana del estanque en óptimas condiciones generando menos contaminación al momento de la renovación de agua y cuando la misma es desembocada con sedimento a las riveras, de esta manera se obtendrá un bajo impacto en el medio ambiente.

En la parte tecnológica un sistema de oxigenación permitirá al usuario incorporar nuevas técnicas de monitoreo para la producción ya que la mejora en la calidad del agua ayudaran a evitar los malos olores en los estanques por acumulación de sedimento que afecta directamente al pez que obtiene un mal sabor, así se obtendrá un producto de mayor calidad y de mejor demanda, En el pasado esta actividad ha sido realizada empíricamente por los productores y que en el país es precario por la falta de compromiso de los entes gubernamentales.

## **7. - Objetivos**

### **7.1 Objetivo General.**

Diseñar e implementar un sistema de oxigenación para criadero de peces haciendo uso de un controlador en el periodo Abril – Septiembre 2021.

### **7.2 Objetivos Específicos.**

Realizar la investigación sobre sistemas de oxigenación para criaderos de peces existentes haciendo uso de fuentes web confiables, artículos científicos o libros.

Diseñar un sistema de oxigenación utilizando equipos, sensores de bajo de costo y de alta eficiencia para mejorar la producción y poder evitar la muerte masiva de los peces.

Construir e implementar un sistema de oxigenación haciendo el uso de componentes electrónicos y materiales adecuados para consolidar una producción real.

Desarrollar una aplicación para monitorear y analizar los factores de oxigenación utilizando tecnología inalámbrica, con lo cual se podrá vigilar y

monitorear constantemente a las especies del criadero, para así evitar posibles inconvenientes.

## 8.- Marco teórico

### 8.1.- Marco institucional

#### INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO



#### a. RESEÑA HISTÓRICA

El Señor Manuel Alfonso Manitio Conumba, crea el Instituto Técnico Superior Particular Sudamericano, para la formación de TECNICOS, por lo que se hace el trámite respectivo en el Ministerio de Educación y Cultura, y con fecha 4 de junio de 1996, autoriza con resolución Nro. 2403, la CREACIÓN y el FUNCIONAMIENTO de este Instituto Superior, con las especialidades del ciclo pos bachillerato de:

1. Contabilidad Bancaria
2. Administración de Empresas, y;
3. Análisis de Sistemas

Para el año lectivo 1996-1997, régimen costa y sierra, con dos secciones diurno y nocturno facultando otorgar el Título de Técnico Superior en las especialidades autorizadas.

Posteriormente, con resolución Nro. 4624 del 28 de noviembre de 1997, el Ministerio de Educación y Cultura, autoriza el funcionamiento del ciclo pos bachillerato, en las especialidades de:

1. Secretariado Ejecutivo Trilingüe, y;
2. Administración Bancaria.

Con resolución Nro. 971 del 21 de septiembre de 1999, resuelve el Ministerio de Educación y Cultura, elevar a la categoría de INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR PARTICULAR SUDAMERICANO, con las especialidades de:

1. Administración Empresarial
2. Secretariado Ejecutivo Trilingüe
3. Finanzas y Banca, y;
4. Sistemas de Automatización

Con oficio circular nro. 002-DNPE-A del 3 de junio de 2000, la Dirección Provincial de Educación de Loja, hace conocer la nueva Ley de Educación Superior, publicada en el Registro Oficial, Nro. 77 del mes de junio de 2000, en el cual dispone que los Institutos Superiores Técnicos y Tecnológicos, que dependen del Ministerio de Educación y Cultura, forman parte directamente del “Sistema Nacional de Educación Superior” conforme lo determina en los artículos 23 y 24. Por lo tanto en el mes de noviembre de 2000, el Instituto Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja, pasa a formar parte del Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) con Registro Institucional Nro. 11-009 del 29 de noviembre de 2000.

A medida que avanza la demanda educativa el Instituto propone nuevas tecnologías, es así que con Acuerdo Nro. 160 del 17 de noviembre de 2003, la Dirección Ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) otorga licencia de funcionamiento en la carrera de:

1. Diseño Gráfico y Publicidad.

Para que conceda títulos de Técnico Superior con 122 créditos de estudios y a nivel Tecnológico con 185 créditos de estudios.

Finalmente, con Acuerdo Nro. 351 del 23 de noviembre de 2006, el Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) acuerda otorgar licencia de funcionamiento para las tecnologías en las carreras de:

1. Gastronomía
2. Gestión Ambiental
3. Electrónica, y;
4. Administración Turística.

Otorgando los títulos de Tecnólogo en las carreras autorizadas, previo el cumplimiento de 185 créditos de estudio.

Posteriormente y a partir de la creación del Consejo de Educación Superior (CES) en el año 2008, el Tecnológico Sudamericano se somete a los mandatos de tal organismo y además de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT), del Consejo Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES); así como de sus organismos anexos.

Posterior al proceso de evaluación y acreditación dispuesto por el CEAACES; y, con Resolución Nro. 405-CEAACES-SE-12-2106, de fecha 18 de mayo del 2016 se otorga al Instituto Tecnológico Superior Sudamericano la categoría de “Acreditado” con una calificación del 91% de eficiencia.

Actualmente las autoridades del Instituto Tecnológico Superior Sudamericano se encuentran laborando en el proyecto de rediseño curricular de sus carreras con el fin de que se ajusten a las necesidades del mercado laboral y aporten al cambio de la Matriz Productiva de la Zona 7 y del Ecuador.

#### **b. MISIÓN, VISIÓN y VALORES**

Desde sus inicios la MISIÓN y VISIÓN, han sido el norte de esta institución y que detallamos a continuación:

##### **MISIÓN:**

“Formar gente de talento con calidad humana, académica, basada en principios y valores, cultivando pensamiento crítico, reflexivo e investigativo, para que comprendan que la vida es la búsqueda de un permanente aprendizaje”

##### **VISIÓN:**

“Ser el mejor Instituto Tecnológico del país, con una proyección internacional para entregar a la sociedad, hombres íntegros, profesionales excelentes, líderes en todos los campos, con espíritu emprendedor, con libertad de pensamiento y acción”

**VALORES:** Libertad, Responsabilidad, Disciplina, Constancia y estudio.

#### **c. REFERENTES ACADÉMICOS**

Todas las metas y objetivos de trabajo que desarrolla el Instituto Tecnológico Sudamericano se van cristalizando gracias al trabajo de un equipo humano: autoridades, planta administrativa, catedráticos, padres de familia y estudiantes; que día a día contribuyen con su experiencia y fuerte motivación de pro actividad para lograr las metas institucionales y personales en beneficio del desarrollo socio cultural y económico de la provincia y del país. Con todo este aporte mancomunado la familia sudamericana hace honor a su slogan “gente de talento hace gente de talento”.

Actualmente la Mgs. Ana Marcela Cordero Clavijo, es la Rectora titular; Ing. Patricio Villamarín Coronel. - Vicerrector Académico.

El sistema de estudio en esta Institución es por semestre, por lo tanto, en cada semestre existe un incremento de estudiantes, el incremento es de un 10% al 15% esto es desde el 2005. Por lo general los estudiantes provienen especialmente del cantón Loja, pero también tenemos estudiantes de la provincia de Loja como: Cariamanga, Macará, Amaluza, Zumba, zapotillo, Catacocha y de otras provincias como: El Oro (Machala), Zamora, la cobertura académica es para personas que residen en la Zona 7 del país.

#### **d. POLÍTICAS INSTITUCIONALES**

- Las políticas institucionales del Tecnológico Sudamericano atienden a ejes básicos contenidos en el proceso de mejoramiento de la calidad de la educación superior en el Ecuador.
- Esmero en la atención al estudiante: antes, durante y después de su preparación tecnológica puesto que él es el protagonista del progreso individual y colectivo de la sociedad.

- Preparación continua y eficiente de los docentes; así como definición de políticas contractuales y salariales que le otorguen estabilidad y por ende le faciliten dedicación de tiempo de calidad para atender su rol de educador.
- Asertividad en la gestión académica mediante un adecuado estudio y análisis de la realidad económica, productiva y tecnología del sur del país para la propuesta de carreras que generen solución a los problemas.
- Atención prioritaria al soporte académico con relevancia a la infraestructura y a la tecnología que permitan que docentes y alumnos disfruten de los procesos enseñanza – aprendizaje.
- Fomento de la investigación formativa como medio para determinar problemas sociales y proyectos que propongan soluciones a los mismos.
- Trabajo efectivo en la administración y gestión de la institución enmarcado en lo contenido en las leyes y reglamentos que rigen en el país en lo concerniente a educación y a otros ámbitos legales que le competen.
- Desarrollo de proyectos de vinculación con la colectividad y preservación del medio ambiente; como compromiso de la búsqueda de mejores formas de vida para sectores vulnerables y ambientales.

#### e. OBJETIVOS INSTITUCIONALES

Los objetivos del Tecnológico Sudamericano tienen estrecha y lógica relación con las políticas institucionales, ellos enfatizan en las estrategias y mecanismos pertinentes:

- Atender los requerimientos, necesidades, actitudes y aptitudes del estudiante mediante la aplicación de procesos de enseñanza – aprendizaje en apego

estricto a la pedagogía, didáctica y psicología que dé lugar a generar gente de talento.

- Seleccionar, capacitar, actualizar y motivar a los docentes para que su labor llegue hacia el estudiante; por medio de la fijación legal y justa de políticas contractuales.
- Determinar procesos asertivos en cuanto a la gestión académica en donde se descarte la improvisación, los intereses personales frente a la propuesta de nuevas carreras, así como de sus contenidos curriculares.
- Adecuar y adquirir periódicamente infraestructura física y equipos tecnológicos en versiones actualizadas de manera que el estudiante domine las TIC'S que le sean de utilidad en el sector productivo.
- Priorizar la investigación y estudio de mercados; por parte de docentes y estudiantes aplicando métodos y técnicas científicamente comprobados que permitan generar trabajo y productividad.
- Planear, organizar, ejecutar y evaluar la administración y gestión institucional en el marco legal que rige para el Ecuador y para la educación superior en particular, de manera que su gestión sea el pilar fundamental para lograr la misión y visión.
- Diseñar proyectos de vinculación con la colectividad y de preservación del medio ambiente partiendo del análisis de la realidad de sectores vulnerables y en riesgo de manera que el Tecnológico Sudamericano se inmiscuya con pertinencia social.

## ESTRUCTURA DEL MODELO EDUCATIVO Y PEDAGÓGICO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR SUDAMERICANO

Figura 1 Estructura del modelo educativo

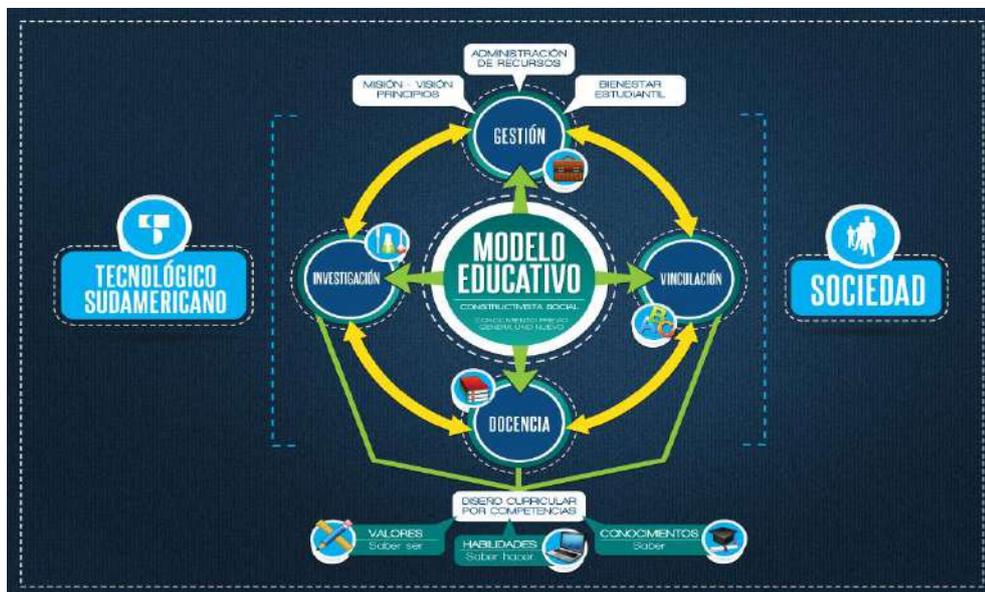


Imagen tomada de: <https://tecnologicosudamericano.edu.ec/>

### f. PLAN ESTRATÉGICO DE DESARROLLO

El Instituto Tecnológico Superior Sudamericano cuenta con un plan de desarrollo y crecimiento institucional trazado desde el 2016 al 2020; el cual enfoca puntos centrales de atención:

- Optimización de la gestión administrativa
- Optimización de recursos económicos

- Excelencia y carrera docente
- Desarrollo de investigación a través de su modelo educativo que implica proyectos y productos integradores para que el alumno desarrolle: el saber ser, el saber y el saber hacer
- Ejecución de programas de vinculación con la colectividad
- Velar en todo momento por el bienestar estudiantil a través de: seguro estudiantil, programas de becas, programas de créditos educativos internos, impulso académico y curricular
- Utilizar la TIC`S como herramienta prioritaria para el avance tecnológico
- Automatizar sistemas para operativizar y agilizar procedimientos
- Adquirir equipo, mobiliario, insumos, herramientas, modernizar laboratorios a fin de que los estudiantes obtengan un aprendizaje significativo
- Rendir cuentas a los organismos de control como CES, SENESCYT, CEAACES, SNIESE, SEGURO SOCIAL, SRI, Ministerio de Relaciones Laborales; CONADIS, docentes, estudiantes, padres de familia y la sociedad en general
- Adquirir el terreno para la edificación de un edificio propio y moderno hasta finales del año dos mil quince.

La presente información es obtenida de los archivos originales que reposan en esta dependencia (Sudamericano, 2013)

## **8.2 Marco conceptual**

### **8.2.1 Antecedentes investigativos.**

Al investigar proyectos, archivos, documentos sobre Desarrollo de sistemas de oxigenación de agua para estanque de peces se han encontrado trabajos que en cierta manera tienen relación con el tema mencionado.

Según (Contreras & Perez, 2019), este proyecto se denomina “Diseño e implementación de un sistema automatizado de oxigenación del agua del criadero acuícola Valle del Mar ubicado en Santa Marta”; el cual fue implementado con el propósito de contribuir con la solución del problema planteado, permitiendo atender la demanda existente, y dando una mejor calidad de vida a los peces, gracias al diseño que contempla este estudio; aspecto que conllevará, hacia una mayor eficacia y eficiencia del sistema. (pag 6)

Según (Rivera & Yopez, 2015), con el objetivo de optimizar el proceso de toma de mediciones se elabora un prototipo que incluye un estanque pequeño que simula un estanque de cría de peces, el mismo que tiene instalado un módulo que incluye sensores cuya función es obtener las medidas de los parámetros de calidad de agua cada cinco minutos los mismos que se pueden visualizar a través de internet en una interfaz web amigable al usuario y de manejo intuitivo. La información de cada parámetro de calidad de agua obtenida puede ser consultada en cualquier dispositivo con acceso a internet y en cualquier horario así se logra la minimización de riesgos en su producción, optimizar tiempo y recursos humanos. (pag 12)

### 8.2.2 Requerimientos ambientales

Para el óptimo desarrollo de la tilapia se requiere que en el sitio de cultivo se mantengan los requerimientos medio ambientales en los siguientes valores:

**Temperatura:** Los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 20-30 °C, pueden soportar temperaturas menores. A temperaturas menores de 15 °C no crecen. La reproducción se da con éxito a temperaturas entre 26-29 °C. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 37-42 °C.

**Oxígeno Disuelto:** Soporta bajas concentraciones, aproximadamente 1 mg/l, e incluso en períodos cortos valores menores. A menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por consiguiente, el crecimiento de los peces. Lo más conveniente son valores mayores de 2 o 3 mg/l, particularmente en ausencia de luz.

**pH:** Los valores óptimos de pH son entre 7 y 8. No pueden tolerar valores menores de 5, pero sí pueden resistir valores alcalinos de 11.

**Turbidez:** Se deben mantener 30 centímetros de visibilidad.

**Altitud:** 850 a 2,000 m.s.n.m.

**Luz o Luminosidad:** La radiación solar influye considerablemente en el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas, dando origen a la productividad primaria, que es la cantidad de plantas verdes que se forman durante un período de tiempo. (Martínez M. A., 2006), (pag 6, 7).

El agua es esencial para la vida de los peces. Con este elemento que suministra o sostiene todas sus necesidades, especialmente aquellas de respirar, nutrirse, reproducirse y crecer.

El agua de un estanque contiene dos grupos principales de sustancias, tal como se muestra a continuación:

- Sustancias disueltas, conformadas por gas, minerales y compuestos orgánicos;
- Partículas en suspensión, integradas por partículas muertas y plantas y animales muy pequeños, el plancton.

La composición del agua de un estanque cambia continuamente, dependiendo de los cambios climáticos y de estación y de la manera en que se utiliza el estanque. El objetivo de un buen manejo es controlar la composición del agua para lograr las mejores condiciones para los peces.

Las características de un estanque dependen del agua que se ha utilizado para llenarlo y de las características del suelo. De todas maneras, en el agua misma se producen algunos importantes procesos químicos:

- Respiración (plantas y animales): se consume gas oxígeno y se produce otro gas llamado dióxido de carbono;

Figura 2 Proceso de respiración

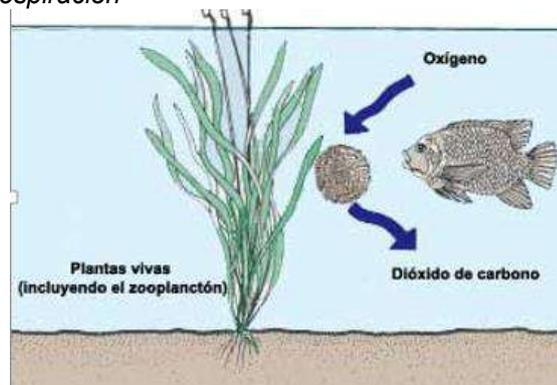


Imagen tomada de: <http://www.fao.org/fishery/do cs/CDrom/ FAO Training/FAO Training/General/x6709s/x6709s02.htm>

- Fotosíntesis (solamente para los vegetales): cuando hay suficiente luz, el dióxido de carbono se usa para producir tejido vegetal, y las plantas liberan gas oxígeno.

Figura 3 Proceso de fotosíntesis

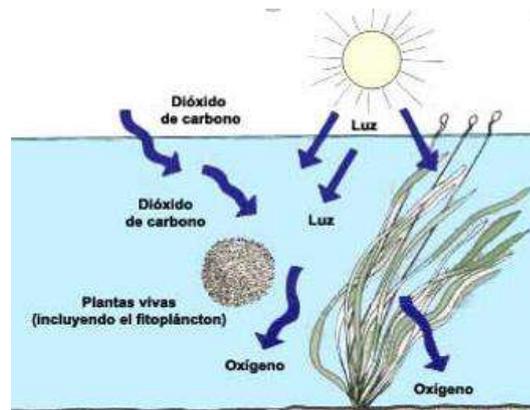


Imagen tomada de: [http://www.fao.org/fis\\_hery/do\\_cs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s02.htm](http://www.fao.org/fis_hery/do_cs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm)

- Descomposición: las plantas y los animales muertos se descomponen bajo la acción de organismos minúsculos llamados bacterias y el oxígeno se usa para producir compuestos minerales y orgánicos.

Figura 4 Proceso de descomposición

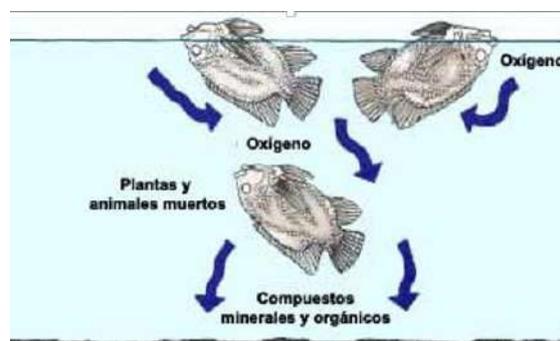


Imagen tomada de: [http://www.fao.org/fis\\_hery/do\\_cs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s02.htm](http://www.fao.org/fis_hery/do_cs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm)

Tales procesos modifican constantemente la composición del agua, por ejemplo:

- Durante el día, aumentando la producción de oxígeno y disminuyendo el contenido de dióxido de carbono a través de la fotosíntesis.
- Durante la noche, disminuyendo el contenido de oxígeno del agua y aumentando el contenido de dióxido de carbono a través de la respiración, en ausencia de fotosíntesis.

Cuanto mayor es la cantidad de plantas, animales y bacterias que hay en el agua, más modificaciones sufre la composición del agua por obra de tales procesos. En estanques con abundante población de peces, las modificaciones son importantes y requieren un manejo muy cuidadoso.

Todos estos procesos químicos se ven influenciados por la temperatura del agua: cuanto más caliente es el agua, más se aceleran dichos procesos y más rápidamente cambia la composición del agua.

Para manejar y controlar la composición del agua, hay que sacar muestras y determinar la composición, y sus características más importantes. En las próximas secciones se dan más indicaciones sobre las cuatro características del agua que tienen más importancia para el manejo de los estanques:

- la reacción química del agua (pH);
- la turbidez;
- la temperatura del agua; y
- el nivel de oxígeno disuelto.

### **8.2.2.3 Reacción química del agua (pH)**

El agua puede ser ácida, alcalina o neutra. Según cual sea el caso, el agua reacciona de diferente modo con las sustancias disueltas que contiene. De la misma manera, afecta de diversa manera a los vegetales y animales que viven en ella. La medida de la acidez o alcalinidad del agua se expresa como el valor del pH. Los valores de pH varían de 0 a 14, un pH 7 indica que el agua es neutra. Los valores inferiores a 7 indican acidez y los superiores, alcalinidad.

### **8.2.2.4 Medición del pH**

Se obtiene una muestra de agua utilizando alguno de los métodos descritos en la sección precedente. Para medir el pH del agua, se pueden utilizar los mismos métodos e instrumentos que se usan para medir el pH del suelo.

(a) Papel indicador de pH: una delgada franja de papel (tal como el papel de tornasol tratado químicamente) se sumerge parcialmente en el agua que se quiere analizar. El color del papel cambia y el tono que adquiere se compara con los que aparecen en un muestrario de colores, lo que indica el valor del pH según el color obtenido. Es posible comprar el papel de tornasol en algunas farmacias, gastando poco dinero.

(b) Comparador de color: existen kits baratos de análisis de agua que se pueden comprar en negocios de productos químicos. En general estos equipos consisten en un cierto número de indicadores líquidos. Basta agregar unas pocas

gotas de estos indicadores a una pequeña muestra de agua y comparar el nuevo color de la solución con una gama de colores tipo que trae el equipo.

*Figura 5. Colorímetro medidor de pH*



Imagen tomada de: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-color/colorimetro-pce-crm-40.htm>

(c) Medidor de pH: este tipo de instrumento constituye el medio más fácil para determinar el pH del agua, incluso en el campo, pero es relativamente caro. El valor de pH se lee directamente en el medidor, después de haber colocado los electrodos de vidrio en la muestra de agua o directamente en la columna de agua del estanque. Dichos electrodos son muy frágiles y se los debe proteger cuidadosamente durante el transporte. Los instrumentos de medición de pH se deben calibrar con precisión y a intervalos regulares, utilizando soluciones de pH conocido.

Figura 6. Medidor de pH con electrodo de vidrio



Imagen tomada de: <https://bit.ly/2VPTTFe>

Es importante saber que las medidas deben tomarse con regularidad, preferiblemente al amanecer, debido a los cambios de pH durante el día. Es mejor medir el pH a intervalos regulares de 2-3 horas desde el amanecer hasta el atardecer. Esto le permite medir los cambios con bastante precisión a lo largo del día.

La producción de peces puede verse significativamente afectada si el pH es demasiado bajo o demasiado alto. Si el valor de pH es demasiado alto, incluso puede llegar a matarlos. También se puede reducir el crecimiento de organismos naturales que alimentan a los peces. El valor de pH crítico depende de la especie, el tamaño y otras condiciones ambientales. Por ejemplo, los peces son sensibles al pH alto durante la temporada de reproducción de los huevos y los alevines son más sensibles que los adultos.

El agua cuyo pH varía entre 6,5 y 8,5 (al amanecer) en general es la más apropiada para la producción de peces en estanques. La mayor parte de las especies de cultivo muere en aguas con:

- pH inferior a 4,5;
- pH igual o superior a 11.

#### **8.2.2.5. Valores del pH durante el día y la noche**

El pH inicial del agua puede verse afectado por el pH del suelo de todos modos, el pH del agua de un estanque varía a lo largo del día en buena medida como resultado de la fotosíntesis, y durante la noche a causa de la respiración.

Se debe tener presente varios puntos importantes en lo que tiene que ver la variación del pH en el transcurso del día y la noche, los cuales son:

(a) Al amanecer, el pH es más bajo.

(b) La fotosíntesis aumenta a medida que aumenta la intensidad de la luz. Las plantas extraen del agua una cantidad siempre mayor de dióxido de carbono y ocasionan un aumento del pH.

(c) El pH alcanza su valor máximo al final de la tarde.

(d) La intensidad de la luz comienza a disminuir, lo que reduce la fotosíntesis. Cada vez menos dióxido de carbono se extrae del agua; mientras que la respiración añade dióxido de carbono al agua, y el pH comienza a disminuir.

(e) Al atardecer, la fotosíntesis se detiene, pero la respiración continúa durante la noche. Cada vez se produce más dióxido de carbono y el pH sigue disminuyendo hasta el amanecer, cuando alcanza el mínimo.

(f) Al día siguiente, recomienza esta fluctuación cíclica.

#### **8.2.2.6. Turbidez y transparencia del agua**

Como ya se pudo observar con anterioridad, el agua de un estanque contiene partículas en suspensión de diferentes tipos. La turbidez del agua se debe a la presencia de tales partículas suspendidas en cantidades variables:

- La turbidez mineral es causada por un alto contenido de limo y arcilla, lo que le da al agua un color marrón claro y, a veces, rojizo. Esto puede ocurrir porque el agua en la entrada está turbia o porque algunos peces que se alimentan del fondo, como la carpa, eliminan los lodos del fondo del estanque.
- La turbidez debida al plancton es causada por la abundancia de pequeña flora y fauna que dan al agua diferentes tonos de marrón, verde, verde o amarillo-marrón, dependiendo de la especie de organismo dominante.
- La turbidez del agua es causada por la presencia de humus, que hace que esta se torne de color marrón oscuro. Su origen suele estar en el agua del estanque, lo que puede deberse a un exceso de materia orgánica en el estanque.

#### **8.2.2.7. Efecto de la turbidez en los estanques de cría**

La turbidez de minerales y humus reduce la cantidad de luz que ingresa al agua. En aguas muy turbias, la luz viaja solo una distancia corta y la fotosíntesis se reduce. La producción de oxígeno durante el día es relativamente baja. Como resultado, el

crecimiento de peces y organismos que producen alimentos naturales que son parte de su dieta se ve gravemente afectado.

Además, una turbidez mineral elevada puede tener una incidencia directa sobre los peces afectando su aparato respiratorio, reduciendo la tasa de crecimiento o impidiendo su reproducción.

Figura 7 Turbidez del agua 10%



Figura 8 Turbidez del agua en 40%



Imágenes tomadas de: [http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s02.htm](http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm)

### 8.2.2.8. Medición de la turbidez

La turbidez del agua en el estanque varía de casi cero a muy alta turbidez, dependiendo del número de partículas en la suspensión. El método utilizado para medirlo depende según el tipo considerado.

Si se trata de *turbidez mineral* (agua color marrón), se requiere la ayuda de un laboratorio para determinar el peso de las materias en suspensión en un volumen de agua dado. Dicho número se llama el total de sólidos en suspensión (TSS), que habitualmente se expresa en miligramos por litro (mg/l). Cuando se muestrea, se debe tener cuidado de no remover demasiado el agua, lo que haría aumentar fácilmente el TSS. De la misma manera, no se debe extraer la muestra de la superficie, que en general es mucho menos turbia.

Tabla 1 Total, de sólidos en suspensión (TSS) en el agua de un estanque

<i>TSS (mg/l)</i>	<i>Turbidez mineral</i>
Inferior a 25	Débil
25-100	Media
Superior a 100	Elevada

Información tomada de: [www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s02.htm](http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm)

Si se trata de turbidez debida al plancton (agua verdosa), uno mismo puede estimar el nivel usando los dos sencillos métodos descritos a continuación. Esto también permite estimar la fertilidad potencial de los estanques.

### 8.2.2.9. Medición de la turbidez debida al plancton con el brazo

Se trata de un método muy simple que no requiere ningún equipo especial. Se procede de la siguiente manera:

(a) Se avanza lentamente en la parte menos profunda del estanque, tratando de no remover el fondo.

*Figura 9 Primer paso para medición de turbidez*

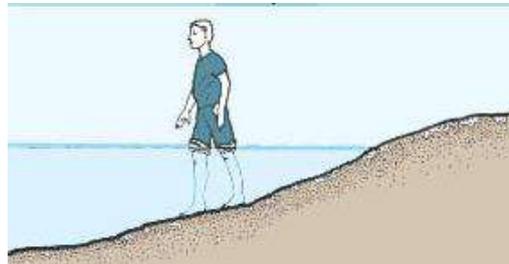


Imagen tomada de: [www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAOTraining/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709\\_s02.htm](http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAOTraining/FAO_Training/General/x6709s/x6709_s02.htm)

(b) Se estira un brazo y se lo sumerge verticalmente en el agua hasta que la mano desaparezca de la vista.

*Figura 10 Segundo paso para medición de turbidez*

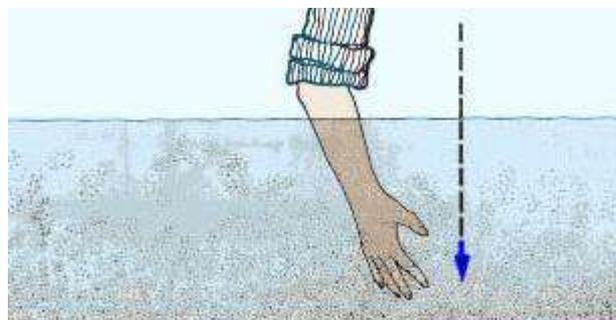


Imagen tomada de: [www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAOTraining/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709\\_s02.htm](http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAOTraining/FAO_Training/General/x6709s/x6709_s02.htm)

- (c) Se observa hasta donde se ha sumergido el brazo
- Si el nivel está bien por debajo del codo, la turbidez debida al plancton es muy elevada;
  - Si el nivel esté más o menos en el codo, la turbidez es alta;
  - Si el nivel esté bien por encima del codo, la turbidez es baja.

#### **8.2.2.10. Medición de la turbidez con el disco de Secchi**

Los discos Secchi son dispositivos muy simples que se pueden utilizar para mejorar la estimación de la turbidez. La evaluación de la turbidez del plancton es especialmente útil en estanques verdes. Esta medida se conoce como transparencia del disco secchi.

Es fácil construir artesanalmente un disco de Secchi, procediendo de la siguiente manera:

- a) Se recorta un disco de unos 25 cm de diámetro de un pedazo de madera o metal, por ejemplo, una lata de conserva abierta y aplanada.
- b) En la superficie se trazan dos líneas perpendiculares para marcar los cuatro cuartos. Se pintan estos con pintura blanca y negra; la pintura debe ser mate para evitar los reflejos.
- c) Se perfora un pequeño hueco en el centro del disco. Se hace pasar por el hueco un hilo o un trozo de cuerda de 1 a 1,5 m de largo.
- d) Se fija por debajo del disco un peso pequeño, tal como un tornillo grande o una piedra.

e) Se fija el disco al extremo de la cuerda que tiene el peso, anudando la cuerda con ayuda de una pieza pequeña de metal o de madera, por encima de la superficie del disco.

f) Se marca el resto de la cuerda con nudos o con hilos de colores bien atados, a intervalos de 10 cm.

#### **8.2.2.11. Medición de la transparencia del disco de Secchi**

Para medir la transparencia del disco de Secchi se procede de la siguiente manera:

- a) Haga descender el disco lentamente en el agua.
- b) Interrumpa el descenso cuando el disco desaparezca de la vista.
- c) Note en qué punto el hilo corta la superficie del agua. Ese es el punto A.
- d) Después de haber marcado el punto a lo largo del hilo en el cual el disco desaparece, bájelo un poco más y luego levántelo hasta que vuelva a aparecer. Marque ese punto B.
- e) Mida la transparencia del agua que corresponde a la distancia entre la parte superior del disco y el punto C, contando los nudos a lo largo del hilo. Ese número indica la transparencia del disco de Secchi.

Figura 11 Ejemplo de medición de turbidez con disco secchi

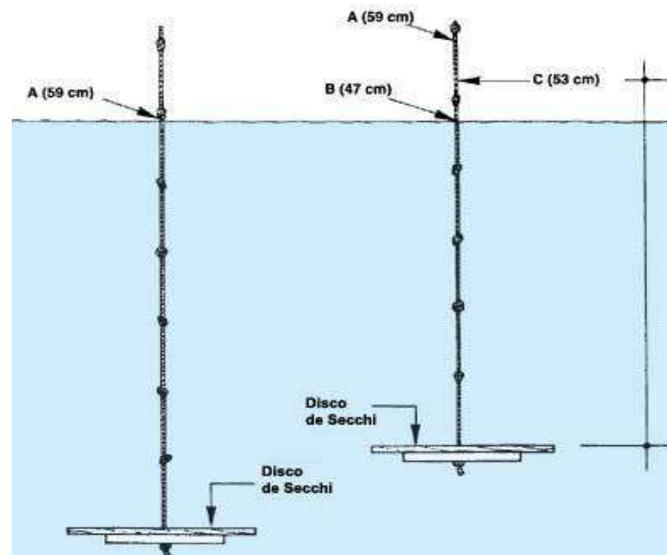


Imagen tomada de: [www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAOTraining/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709\\_s02.htm](http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAOTraining/FAO_Training/General/x6709s/x6709_s02.htm)

#### 8.2.2.12. Temperatura del agua en el estanque

El crecimiento y la actividad de los peces dependen de la temperatura corporal. La temperatura del cuerpo de los peces es casi la misma que en el agua y varía con ella. Las temperaturas del agua relativamente bajas pueden dañar a los peces:

- Hace que sea más lento el desarrollo de los huevos;
- Reduce el crecimiento de los juveniles y de los peces de más edad;
- Retrasa e incluso impide la maduración y el desove;
- Disminuye la absorción de alimentos e incluso la detiene completamente;
- Aumenta la vulnerabilidad a infecciones y enfermedades.

Algunos peces están adaptados para crecer y reproducirse dentro de temperaturas del agua bien definidas, pero para que estos procesos sean óptimos

deben ocurrir dentro de un rango de temperatura más estrechos. Por lo tanto, es importante tener un buen conocimiento de la temperatura del agua presente en la granja para poder seleccionar las especies adecuadas y planificar el manejo en consecuencia.

Existen dos principales grupos de peces:

- Los peces de agua fría, que necesitan temperaturas inferiores a 15° C para reproducirse; se desarrollan muy bien por debajo a los 18°C y difícilmente sobreviven mucho tiempo a 25°C;
- Los peces de aguas cálidas, que necesitan temperaturas superiores a 15°C para reproducirse, crecen muy bien si se superan los 20°C y pueden sobrevivir por encima de los 30-35°C.

*Tabla 2 Rangos de temperatura de especies comunes de peces (en °C)*

Especie	Temperatura del agua del estanque peligrosa		Rango de temperatura óptimo para adultos (temp. óptima)	Rango de temperatura para desove
	Baja	Alta		
<b>AGUA CÁLIDA</b>				
<b>Micropterus salmoides</b>	2	35	23-30	17-20
<b>Perca atruchada</b>				
<b>Ictalurus punctatus</b>	5	35	25-30	16-28
<b>Bagre de canal</b>				
<b>Cyprinus carpio</b>	2	36	23-26 (25)	Above 18
<b>Carpa común</b>				

<b>Ctenopharyngodon</b>	-	32	23-28	15-30
<b>idella</b>				
<b>Carpa herbívora</b>				
<b>Hypophthalmichthys</b>	-	32	23-28	15-30
<b>molitrix</b>				
<b>Carpa plateada</b>				
<b>Aristichtys nobilis</b>	5	37	23-31	17-30
<b>Carpa cabeza</b>				
<b>Carassius auratus</b>	5	37	25-30 (25)	Alrededor de 25
<b>Pez rojo</b>				
<b>Clarias gariepinus</b>	-	-	25-27	20-30
<b>Bagre africano</b>				
<b>Tilapia aurea</b>	9	38	27-30	20-30
<b>Tilapia áurea</b>				
<b>Tilapia nilotica</b>	12	38	27-30	22-32
<b>Tilapia nilótica</b>				
<b>Clarias batrachus</b>	15	-	29-32	22-32
<b>Bagre (Asia)</b>				
<b>Catla catla</b>	15	34	26-29	22-28
<b>Catla (Carpa india)</b>				
<b>Cirrhinus mrigala</b>	12	38	22-32	24-31
<b>Carpa mrigal</b>				
<b>Labeo Rohita</b>	3	36	(28)	24-31
<b>Labéo Roho</b>				
<b>AGUA FRIA</b>				
<b>Salvelinus fontinalis</b>	Casi 0	18	10-14 (13)	0-14
<b>Trucha de arroyo</b>				

<b>Salmo trutta</b>	Casi 0	20	12-15 (14)	0-15
<b>Trucha marina</b>				
<b>Oncorhynchus mykiss</b>	Casi 0	22	15-17 (16)	4-18
<b>Trucha arco iris</b>				

Información tomada de: [www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s02.htm](http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm)

La temperatura del agua también afecta el proceso de respiración de los peces, ya que ellos necesitan una cantidad suficiente de oxígeno disuelto en el estanque. La cantidad máxima de oxígeno disuelto en este líquido depende de la temperatura. Cuanto más caliente esté el agua, menos O<sub>2</sub> disuelto. Por lo tanto, si el estanque se calienta demasiado, los peces pueden quedarse sin oxígeno.

Los peces se han adaptado a tal situación viviendo en aguas que les ofrecen suficiente oxígeno, por lo tanto:

- Las truchas que requieren mucho oxígeno, viven mejor en aguas frías; y
- La carpa común y las tilapias, que necesitan menos oxígeno y no toleran el agua fría, viven mejor en aguas cálidas.

La temperatura del agua también afecta a otros organismos acuáticos del estanque, como el plancton, las plantas y los animales. Los peces de estanque pueden depender de estos organismos porque los consumen como alimento y oxígeno producido por la fotosíntesis.

La temperatura también afecta la densidad del agua, esta se alcanza al máximo de 4°C en agua dulce y disminuye con temperaturas frías o calientes. Estos cambios tienen importantes consecuencias para los estanques.

a) Cuando la temperatura del agua desciende por debajo de los 4 °C, esta se vuelve más ligera. Como resultado, el hielo formado a 0 °C flota en la superficie del estanque mientras que el agua debajo está tibia.

b) El agua también se hace más ligera a medida que se calienta por encima de 4°C; y eso hace que la más caliente se encuentre siempre en la superficie y la más fría en el fondo del estanque.

c) Durante largos períodos de climas cálidos, las aguas superficiales más cálidas y ligeras tienden a formar una capa distinta que las aguas del fondo más frías y pesadas. La que se encuentra en la piscina se estratifica en distintas capas.

d) Durante los períodos de clima más frío, las lluvias intensas y los vientos fuertes pueden provocar la ruptura de la estratificación del agua. El conjunto de la masa del líquido se mezcla, las que son más frías y pobres de oxígeno del fondo llegan a la superficie, provocando a veces la muerte de los peces. En algunos casos, los nutrientes y los alimentos arrastrados por las aguas del fondo también pueden causar un crecimiento excesivo del plancton.

#### **8.2.2.13. Medición de la temperatura del agua**

Para medir la temperatura del agua se necesita un termómetro simple, graduado en grados Celsius (°C) o centígrados. Puede ser muy frágiles por lo que es conveniente transportarlos dentro de un estuche protector.

Para medir la temperatura del agua de superficie, por ejemplo, en la toma de agua de un canal de alimentación, o cerca del drenaje en el estanque mismo, se procede de la siguiente manera:

- a) Se coloca el bulbo del termómetro bajo el agua, a una profundidad aproximada de 15 a 20 cm.
- b) Se espera un corto período de tiempo hasta que la columna se estabiliza.
- c) Sin levantar el termómetro del agua, se lee la temperatura.
- d) Se anota dicha temperatura en el cuaderno en el cual se registran los datos.

Cuando se requiere seguir de cerca los cambios de temperatura en un estanque para un correcto manejo de algunas partes del ciclo de cultivo, por ejemplo, la reproducción de los peces, la alimentación complementaria o la protección de las poblaciones contra el frío, es aconsejable medir la temperatura del agua dos veces por día. El mejor momento para hacerlo es poco después de la salida del sol, cuando ésta se encuentra cerca de su valor mínimo y poco después de mediodía, cuando está en su valor máximo.

#### **8.2.2.14. Registro de las temperaturas mínimas, máximas y media del agua**

Para poder hacer éste procedimiento se debe tomar la temperatura del agua de la piscina a las 6 a.m. que es la hora en la que el agua tiene su mínima, y por la tarde se debe volver a tomar la temperatura entre las 12 y 3 p.m. que es la máxima que alcanza, luego de tener estos dos datos se suma los dos valores antes ya tomados y se los divide para dos, con lo cual se obtendrá la media de ése día.

### 8.2.2.15. Requerimiento de OD en las distintas etapas de la vida (mg/l o porcentaje de valores de saturación)

Tabla 3 Requerimientos de OD

Especies de peces	Huevos y juveniles	Adultos	
		Contenido mínimo de OD	Contenido preferido de OD al menos igual a:
Trucha	Cerca de 100%	5 mg/l (50%)	8 mg/l o 70%
Carpa común	Al menos 70%	3 mg/l (30%)	5 mg/l o 50%
Tilapia	Al menos 70%	2 mg/l	4 mg/l o 50%
Bagre africano	Al menos 90%	1 mg/l o menos (respiración aérea)	3 mg/l o 35%

## **9.- Diseño Metodológico**

### **9.1. Métodos de investigación**

#### **9.1.1. Método hermenéutico.**

El método hermenéutico corresponde a una técnica de interpretación de textos, escritos u obras artísticas de distintos ámbitos. Su propósito principal es servir de ayuda en el área comprensiva de un texto. (Rodríguez, 2021).

El presente método es utilizado en la investigación para recopilar la información bibliográfica como son páginas web, artículos, libros, guías y algunas tesis que tenga relación al tema de investigación, logrando tener un pensamiento más claro en implementación de sistemas electrónicos.

#### **9.1.2. Método fenomenológico.**

La fenomenología constituye un anteproyecto de naturalización que no renuncia a la ciencia y al conocimiento positivo que esta proporciona, sino que busca fundarlo sobre otras bases al reconocer que la experiencia perceptiva constituye el modelo privilegiado de acceso al mundo y que toda cognición es cognición encarnada. (PONTY, 2010).

Aplicando el método fenomenológico es entender y evidenciar que las personas están acostumbradas a hacer las cosas de las maneras ya conocidas o de manera empírica, se entiende con esto que todo lo hacen de manera manual sin hacer

uso de herramientas tecnológicas, se pretende diseñar e implementar un sistema que pueda adaptarse a las necesidades de los productores.

### **9.1.3. Método práctico proyectual.**

Obtenga los máximos resultados con el mínimo esfuerzo. La metodología del Proyecto no es absoluta ni definitiva. Si encuentra valores objetivos que mejoran el proceso y desglosan el problema en diferentes partes, puede reorganizar las actividades. Esta operación facilita la proyección porque tiende a sacar a relucir sub problemas específicos ocultos detrás de sub problemas ordenados por categoría. (Munari, 1983)

El método práctico proyectual, consiste en la implementación de un sistema electrónico capaz de ayudar a las personas a mantener monitoreados los niveles de oxígeno en su piscina acuícola, que permite realizar y analizar las pruebas de campo respectivas donde se verificará el funcionamiento del sistema electrónico implementado, confirmando que cumpla los objetivos planteados y proceso adecuado del mismo.

## **9.2. Técnicas de investigación**

### **9.2.1. Investigación documental.**

La investigación documental se la pueda considerar como una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en los documentos, en primera instancia, y la presentación sistemática, coherente y suficientemente argumentada de nueva información en un documento científico, en segunda instancia. De este modo,

no debe entenderse ni agotarse la investigación documental como la simple búsqueda de documentos relativos a un tema. (Tancara, 1993)

Esta técnica se utiliza para recopilar y seleccionar información precisa de diferentes fuentes digitales, para desarrollar el sistema electrónico, además para seleccionar de manera correcta los diferentes materiales a emplearse en el desarrollo del proyecto.

### **9.2.2. Observación.**

La observación es la forma sistematizada y lógica para el registro visual y verificable de lo que se pretende conocer, es decir, es captar de la manera más objetiva posible, lo que ocurre en el mundo real, ya sea para describirlo, analizarlo o explicarlo desde una perspectiva científica. (Martínez & Campos, 2012)

Se utiliza la técnica de observación directa en el campo de investigación para tomar notas, recoger datos relevantes y sobre todo verificar el comportamiento de sistemas empíricos.

### **9.2.3. Prueba y error.**

Este es un proceso continuo y los resultados mejorarán con experimentos en curso. Reconocer esta realidad inevitable puede eliminar expectativas poco realistas. En un proceso experimental donde existe la posibilidad de descuido, existe un gran riesgo de error, pero en última instancia, analizar los resultados es una parte importante del ensayo y deslíz. (Ortiz, 2017)

Se utiliza la técnica de prueba y error para realizar las conexiones electrónicas y programación, con ello se realiza las pruebas respectivas del sistema, hasta lograr que sea eficiente. Se comprueba a través de la interacción del sistema y sus pruebas de campo.

## 10. Propuesta de acción

### 10.1. Selección de materiales

#### 10.1.1. Arduino Nano

Figura 12 Arduino Nano.

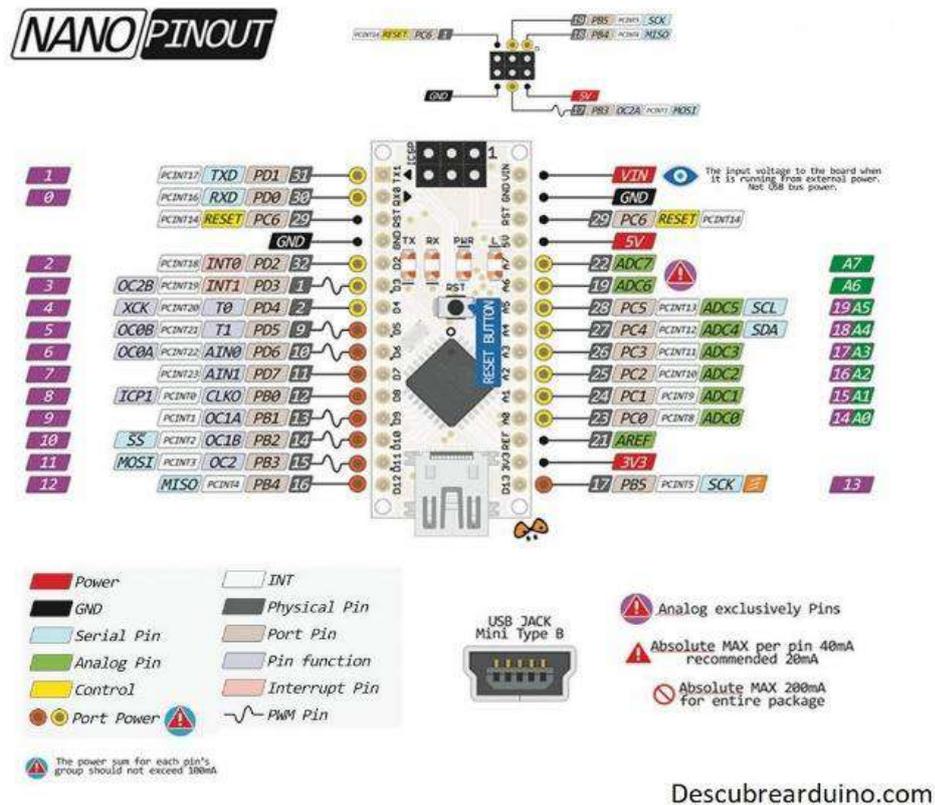


Imagen tomada de: <https://descubrearduino.com/arduino-nano-pinout/>

El Arduino nano es una placa electrónica basada en el ATmega328P. Cuenta con 22 pines digitales de entrada / salida de los cuales 6 se podrán utilizar como salidas PWM, 8 entradas analógicas, la tarjeta está diseñado para ser instalada semipermanente la cual puede ser reemplazada en caso de presentar fallo y el costo aproximado es accesible, por lo que es idónea para este tipo de proyecto adicional da una lectura en tiempo real los cuales son más precisos. (Descubriendoarduino, 2014)

Se usa un Arduino Nano por su reducido tamaño y el número tanto de entradas como salidas del mismo, cumple satisfactoriamente con los requerimientos del proyecto. Esta placa recepta las señales de datos emitidas por los sensores, las procesa y las transmite utilizando comunicación serial, mediante los puertos seriales TX-RX para ser subidos a la nube, y desde ahí visualizados en una aplicación para dispositivos Android y la plataforma Thingpeak. Además, estos datos son mostrados en una LCD mediante comunicación i2C, su principal función es la activación del sistema de oxigenación.

Tabla 4 Características Arduino Nano.

*Arduino Nano*

<i>Microcontrolador</i>	ATmega328P.
<i>Voltaje de Alimentación</i>	7 – 12 V DC
<i>Voltaje de I/O</i>	5V
<i>Pines I/O digitales</i>	14 (6 PWM)
<i>Entradas analógicas</i>	8
<i>Corriente máxima I/O</i>	40 mA
<i>Memoria Flash</i>	32KB (2KB usados por el Bootloader)
<i>Memoria SRAM</i>	2 KB
<i>Memoria EEPROM</i>	1KB
<i>Frecuencia de Reloj</i>	16 MHz

Información tomada de: <https://descubrearduino.com/arduino-nano-pinout/>

### 10.1.2. Módulo ESP32v1.

Figura 13 Módulo ESP32.



Imagen tomada de: <https://bit.ly/3lQQtwH>

ESP-32s, su uso está orientado para IoT sin embargo se puede aplicar en muchas áreas, ya que tiene unas características de rendimiento muy altas como un procesador que se puede usar en modo single o dual llegando a un máximo de 240Mhz, tiene 36 pines multi propósito donde tenemos señales de PWM canales ADC, DAC, interfaces como UART, I2C SPI, además tiene módulos Wireless con comunicación Wifi y bluetooth La placa ESP32 es la interfaz de la estación de monitoreo en tierra con los servidores de Blynk y Thingpeak, mediante una conexión WiFi.

Tabla 5 Características ESP32.

**Módulo ESP32**

<i>Serie</i>	ESP32 DEVKIT V1.
<i>Voltaje de Alimentación</i>	5 V DC
<i>Voltaje de I/O</i>	3.3V DC
<i>Pines digitales GPIO</i>	24
<i>Tipo</i>	Módulo Wifi + Bluetooth
<i>CPU principal</i>	Tensilica Xtensa 32 – bit LX6
<i>Desempeño</i>	600 DMIPS

<i>Seguridad</i>	IEEE 802.11 (WFA, WPA/WPA2 y WAPI)
<i>Frecuencia de Reloj</i>	Hasta 240 MHz

Información tomada de: <https://bit.ly/3lQQtwH>

### 10.1.3. Sensor de oxígeno disuelto

Figura 14 Sonda SEN0237.



Imagen tomada de: <https://bit.ly/3jPPQ3Q>

Este sensor ha sido diseñado para la medición de oxígeno disuelto en agua, con la cual se refleja la calidad de Agua. Su uso es diverso en varias aplicaciones como: acuicultura, monitoreo ambiental, ciencias naturales y otros. Este Kit te permite construir un excelente detector de oxígeno disuelto. La construcción de la sonda permite que no necesite tiempo de polarización para la medida y que pueda tomar los datos de forma inmediata, además la solución presente en el cabezal de la membrana puede reemplazarse bajando el costo de mantenimiento del sensor y su señal de salida en el sensor es fácilmente acoplable a sistemas de control o de detección.

El sensor de oxígeno disuelto nos permitirá saber cuál es el estado de nuestro estanque de peces y la cantidad de oxígeno que existe en el mismo, mediante la interpretación de los datos obtenidos serán procesados y haciendo que el sistema funcionara de acuerdo a las necesidades.

Tabla 6 Características del Sonda SEN0237

*Sonda del sensor de oxígeno disuelto SEN0237*

<i>Voltaje de Alimentación</i>	3.3 – 5.5 V DC
<i>Rango de detección</i>	1-20 mg/L
<i>Temperatura de trabajo</i>	0-40°C
<i>Presión de trabajo</i>	0-50 PSI
<i>Tiempo de polarización</i>	No necesario
<i>Salida analógica</i>	0-3V
<i>Interfaz</i>	Plug and Play
<i>Tipo de Conector de la sonda</i>	BNC
<i>Conector de señal</i>	Interfaz analógica de gravedad(PH2.0-3P)
<i>Longitud del cable</i>	2 m
<i>Dimensiones</i>	42mm x 32 mm
<i>Para utilizar con</i>	Arduino
<i>Vida útil del electrodo</i>	1 año en uso normal
<i>Vida útil de la membrana</i>	1-2 meses en agua fangosa
	4-5 meses en agua limpia
<i>Periodo de reemplazo de la solución</i>	Una vez al mes

Información tomada de: <https://bit.ly/3jPPQ3Q>

#### 10.1.4. Sensor de PH.

Figura 15 Sensor de pH



Imagen tomada de: <https://www.dfrobot.com/product-1025.html>

Según (Omega Engineering), El medidor de pH es un instrumento utilizado para medir la acidez o la alcalinidad de una solución, también llamado de pH. El pH es la unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad y es medido en una escala que va de 0 a 14. El pH representa el poder del hidrógeno, que es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el cuerpo, un valor 7 se considera neutral. Se dice que un pH inferior a 7 es ácido y las soluciones con un pH superior a 7 son básicas o alcalinas.

Las lecturas de PH en el agua nos permitirán saber si el agua que se está suministrando es la adecuada ya que si el PH es demasiado bajo o a su vez demasiado elevado nos indicarían que la fuente de suministro no es la adecuada, un PH neutro en conjunto con la oxigenación crean el habitat ideal para un ecosistema saludable para la producción.

Tabla 8 Características del Sensor de pH

**Sensor SKU SEN0161**

<i>Voltaje de Alimentación</i>	5 V
<i>Precisión</i>	$\pm 0.1 \text{ pH}$ (25°C)
<i>Rango de medición</i>	0 – 14 pH
<i>Medición de temperatura</i>	0 – 60 °C
<i>Tipo de conector</i>	BNC
<i>Dimensiones</i>	43mm x 32mm

Información tomada de: <https://www.dfrobot.com/product-1025.html>

**10.1.5. Sensor Temperatura.**

Figura 16 Sensor DS18B20.



Imagen tomada de: <https://bit.ly/37zXbPI>

Según (Engineering, 2011), los sensores de temperatura se utilizan para medir el calor para asegurar que el proceso se encuentre, o bien dentro de un cierto rango, lo que proporciona seguridad en el uso de la aplicación, o bien en cumplimiento de una condición obligatoria cuando se trata de calor extremo, riesgos, o puntos de medición inaccesibles.

Previamente se requiere analizar el lugar donde vamos a realizar nuestro estanque ya que el factor climático es fundamental para el rápido desarrollo de los peces, en su mayoría los peces alcanzan su potencial dependiendo de las temperaturas en las cuales se los mantiene, es importante saber la especie que se va a colocar y la posición geográfica ya los niveles de oxigenación tiene que ver con la temperatura del agua (ver tabla de niveles).

*Tabla 9 Características del Sensor DS18B20*

***Sensor DS18B20***

<i>Voltaje de Alimentación</i>	3 – 5,5 V
<i>Corriente operativa</i>	1,5 mA
<i>Corriente de entrada DQ</i>	5 $\mu$ A
<i>Tecnología</i>	Through - Hole
<i>Precisión</i>	$\pm 0.5$ °C (-10°C a +85°C)
<i>Temperaturas de operación</i>	-55°C hasta +125°C
<i>Interfaz de comunicación</i>	1 – Wire (con capacidad multidrop)
<i>Salida digital</i>	Trabaja con microcontroladores sin ADC
<i>Alarmas configurables</i>	En memoria no volátil

Información tomada de: <https://bit.ly/37zXbPI>

### 10.1.6. Batería de 12V.

Figura 17 Batería



Imagen tomada de: <https://bit.ly/3shza9u>

Utilizando las últimas innovaciones en la aplicación del plomo-ácido, una unidad versátil, recargable y completamente portátil. Su estructura hermética única en su tipo no requiere mantenimiento, siendo posible colocarla en cualquier posición sin degradar su capacidad y sin el riesgo de que se derrame el electrolito. Esta avanzada batería incluye placas gruesas aisladas con filtro de fibra de vidrio (AGM) que combina con un elemento activo de alta densidad energética para incrementar el rendimiento y la durabilidad, tanto en régimen de carga cíclica o flotante. Esta resistente batería es ideal para una amplia gama de aplicaciones, tales como unidades de alimentación ininterrumpibles (UPS), luces de emergencia, herramientas eléctricas, sistemas de seguridad y mucho, mucho más.

Permitirá que el sistema continúe funcionando de haber un corte de energía permitirá seguir recabando datos los cuales son importantes para la comparación y verificación de los parámetros al momento de realizar el análisis.

Tabla 10 Características de la batería de 12V

**Batería de 12V**

<i>Voltaje de carga</i>	14,9 Vdc max
<i>Corriente</i>	7,2 A/h
<i>Medidas</i>	7,0 x 4,8 x 10,4 cm

Información tomada de: <https://bit.ly/3shza9u>

**10.1.7. Pantalla LCD 16X4.**

Figura 18 Pantalla LCD.



Imagen tomada de: <https://bit.ly/3fYfIcL>

Según (Shoptronica, 2013), es un dispositivo diseñado para mostrar información en forma gráfica, se utiliza para sistemas automatizados, control de accesos etc. Ayuda al usuario a tener información de manera rápida y sencilla.

Mediante la interconexión con los puertos A4 y A5 en el Arduino Nano permitirá visualizar todos los parámetros que están siendo procesados y recopilados por los sensores, adicional nos permitirá visualizar e ingresar datos de manera manual.

Tabla 11 Características de la pantalla LCD

<b>Pantalla LCD</b>	
<i>Voltaje de alimentación</i>	5 V
<i>Controlador integrado</i>	ST7066 o equivalente
<i>Táctil</i>	No
<i>Área activa</i>	56,20 x 20,80 mm
<i>Dimensiones externas</i>	87 x 60 x 12,5 mm
<i>Caracteres x Líneas</i>	16 x 4
<i>Interfaz</i>	6800 (4- bit / 8 - bit) Parallel

Información tomada de: <https://bit.ly/3fYflcL>

### 10.1.8. Pulsadores

Figura 19 Pulsadores



Imagen tomada de: <https://bit.ly/3ADxgmC>

Según (Shoptronica, 2013) Un pulsador es un interruptor cuya función es permitir o interrumpir el paso de la corriente eléctrica de manera momentánea, a diferencia de un switch común, un pulsador solo realiza su trabajo mientras lo tenga presionado, es decir sin enclavamiento. Existen pulsadores NC (NC) y NA (NO), es decir normalmente cerrados y normalmente abiertos, los interruptores eléctricos, son dispositivos que sirven para desviar u obstaculizar el flujo de corriente eléctrica

Permitirá ingresar datos y parámetros en el sistema de manera manual de ser necesario.

### 10.1.9. Buzzer.

Figura 20 Buzzer

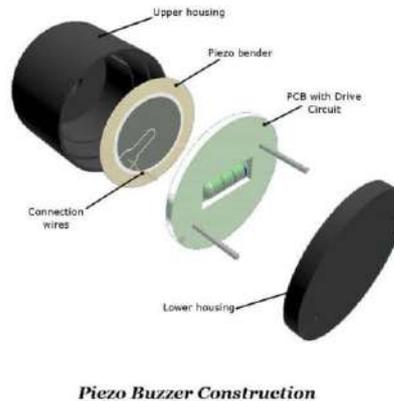


Imagen tomada de: <https://islproducts.com/design-note/piezo-buzzers-vs-magnetic-buzzers/>

Según (islproducts, 2021), El buzzer es un componente actuador que produce un sonido de tono agudo, sirve para dar algún aviso y se lo encuentra implementado en varios sistemas electrónicos, como carros, electrodomésticos, computadoras, etc. La corriente pasa a través de una bobina móvil para producir un campo magnético. Cuando se aplica un voltaje, la bobina genera un campo magnético y luego permite que el diafragma vibre y produzca sonido, dependiendo de la frecuencia que se le dé al zumbador.

Permite recibir notificaciones audibles cuando se active desactive o a su vez cuando se utilice los botones del panel de esta manera será más llamativo lo cual es ideal para que el proyecto sea más atractivo.

### 10.1.10. Contactor.

Figura 21 Contactor de 110V



Imagen tomada de: <https://bit.ly/3lVm1S9>

Según (AREATECNOLÓGICA, 2021), dispositivo electrónico de mando a distancia diseñado para abrir y cerrar circuitos eléctricos en vacío o con carga. Este dispositivo es indispensable para la automatización de motores eléctricos. Está formado por una bobina y unos contactos que hacen la acción de interruptores de apertura y cierre, la bobina es un electroimán que se acciona cuando le llega corriente y realiza la acción requerida si está cerrado lo abre o viceversa. Cuando la bobina deja de recibir corriente el contactor vuelve a su posición inicial.

Recibe la excitación de los relés permitiendo el paso de corriente para que la bomba de oxigenación trabaje, una vez deje de recibir el impulso este se desactiva apagando la bomba.

Tabla 12 Características del contactor de 110V

**Contactor 110 V**

<i>Modelo</i>	CHINT NC1
<i>Voltaje de bobina</i>	110 VAC (50 Hz)
<i>Corriente</i>	25 A
<i>N° de polos</i>	3
<i>Contacto auxiliar</i>	1 normalmente abierto
<i>Dimensiones</i>	5 x 9 x 7,5 cm

Información tomada de: <https://bit.ly/3lVm1S9>

**10.1.11. Módulo relé.**

Figura 22 Modulo Relé de 2 canales



Imagen tomada de: <https://bit.ly/3CJXe9U>

Según (Robots, 2020) dispositivo electromagnético, que consiste en un interruptor automático controlado por un circuito eléctrico, en el cual, por medio de una bobina y un electroimán, se actúa sobre uno o varios contactos, cuando la señal de mando excita al electroimán, se hace que circule corriente por la bobina, se produce un campo magnético que interacciona con uno o varios contactos provocando el cierre o apertura de los mismos, lo que permite abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independiente.

Recibirá los impulsos generados en el módulo de control los cuales generan la excitación del contactor para que este se active y desactive respectivamente o como fuese la necesidad para que el sistema funcione correctamente.

*Tabla 13 Características del Módulo Relé de 2 canales*

<b>Módulo Relé</b>	
<i>Voltaje de operación</i>	5 V DC
<i>Corriente máx.</i>	10 A (NO), 5 A (NC)
<i>N° Canales</i>	2 canales optoacoplados
<i>Tiempo de acción</i>	10 ms / 5 ms
<i>LEDs indicadores</i>	1 por canal
<i>Corriente de activación</i>	20 mA por canal

Información tomada de: <https://bit.ly/3CJXe9U>

### **10.1.12. Tubería.**

*Figura 23 Tubería*



Imagen tomada de <https://bit.ly/3fVBJJj>

Se utiliza la tubería para canalizar el agua y el aire que queremos ingresar al estanque es por donde el agua circulara desde el estanque hasta la bomba y de regreso al mismo permitiendo el flujo continuo del agua.

### 10.1.13. Gabinete metálico.

Figura 24 Gabinete metálico



Imagen tomada de <https://serveiestacio.com/blog/tipos-de-tuberias-de-pvc-para-agua-potable-y-otros-accesorios/>

Permitirá mantener todos los componentes electrónicos aislados de la intemperie y los factores climáticos, de la misma forma evitará que personal no autorizado realice manipulación a los instrumentos y evitar daños y vandalismo.

### 10.1.14. Bomba de agua.

Figura 25 Bomba de agua de ½ HP



Imagen tomada de: <https://bit.ly/2VO2hVr>

Según (EUROINNOVA, 2019) mediante la transformación de energía, el movimiento generado es aplicado para mover líquidos en su mayoría, son utilizadas para aumentar la presión del fluido que se está transportando por las tuberías. El uso más común es para aumentar la presión de agua en una edificación donde el agua no

alcanza la suficiente fuerza para llegar a los pisos superiores, en este caso se utilizarla para recircular el agua y generar oxigenación.

Mediante la interconexión con el contactor permitirá que esta se active o desactive de acuerdo a las necesidades que se requiera en el estanque, realizara el movimiento de agua para la oxigenación por tiempos acorde a las configuraciones ingresadas en el sistema.

*Tabla 14 Características de la bomba de Agua*

<i>Bomba de Agua</i>	
<i>Voltaje</i>	120 V
<i>Potencia</i>	½ HP
<i>Frecuencia</i>	60 Hz
<i>Corriente</i>	5 A
<i>Flujo máximo</i>	36 L/min
<i>Dimensiones</i>	12x 15 x 25 cm

Información tomada de: <https://bit.ly/2VO2hVr>

## 10.2. Selección de software

### 10.2.1. Plataforma de programación Arduino.

Figura 26 Plataforma de programación Arduino



Imagen tomada de: <https://www.arduino.cc/en/software>

Se hace uso de la plataforma de programación Arduino, para el diseño del algoritmo que va hacer funcionar el prototipo, dicho diseño estará dividida en diferentes bloques de programación tanto para hacer funcionar los diferentes sensores, como los actuadores que se implementaran.

### 10.2.2. Software ESASYEDA

Figura 27 Entorno de EasyEDA

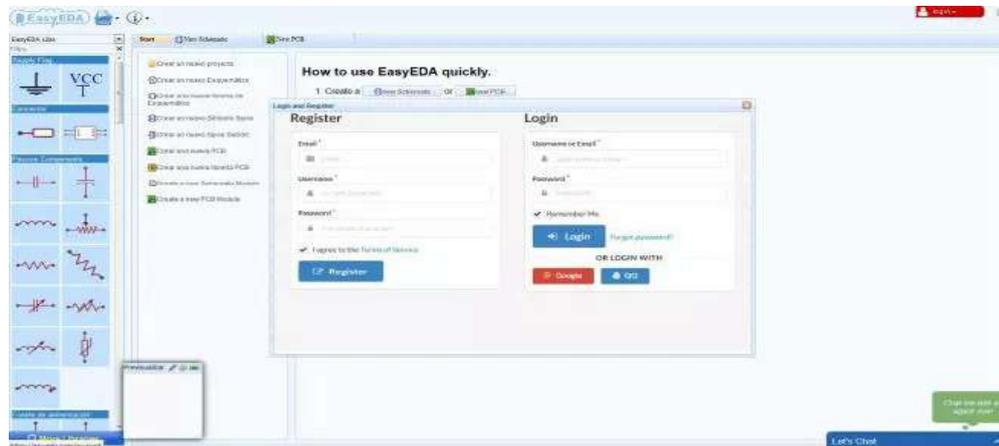


Imagen tomada en: <https://bit.ly/2UeCq8S>

Es un paquete de herramientas de automatización de diseño electrónico (EDA) que no requiere instalación, además de no tener costo. Permite crear proyectos online al estar basado en la nube, dentro de sus ventajas se encuentra: el diseño de esquemas, diseño y simulación de circuitos y diseño de circuitos impresos. Además, es compatible con otros softwares como KiCAD, por ende, se puede importar los proyectos y editarlos online; y permite el acceso a módulos de código abierto.

### 10.2.3. Plataforma BLYNK.

Blynk es una plataforma de internet de las cosas (IoT) para sistemas operativos IOs y Android, controla sistemas desarrollados en plataformas como Arduino y Raspberry, permite diseñar un dashboard de gran calidad de forma sencilla. Para conectarse al servidor de esta plataforma y controlar los sistemas, simplemente se

requiere que el proyecto esté conectado a internet. Para el uso de Blynk no se necesita un hardware adicional, lo que facilita mucho su uso. Su arquitectura se basa en aplicación, servidor, librerías y plataformas.

Figura 28 Arquitectura de Blynk

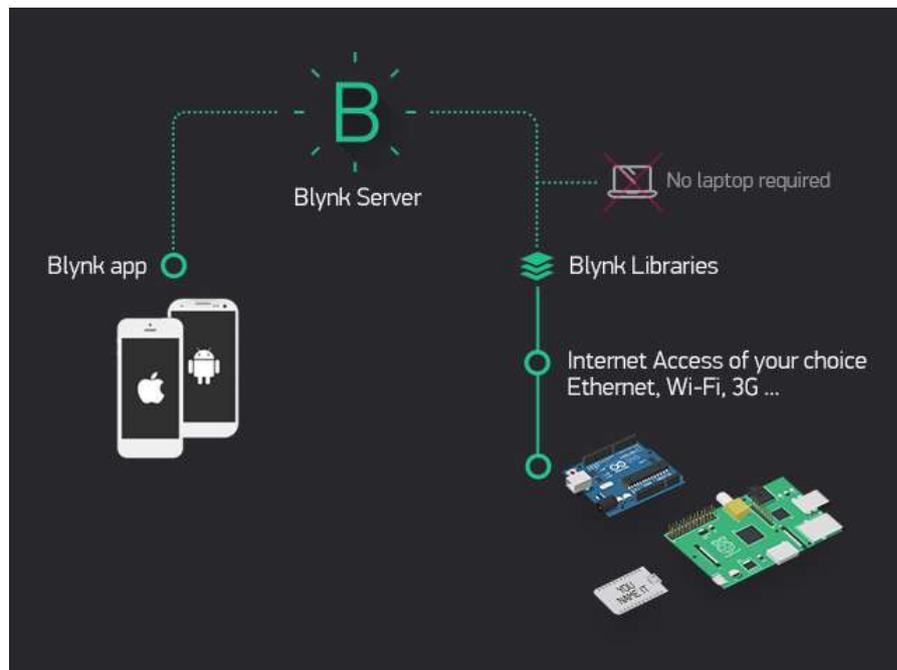


Imagen tomada en: <https://bit.ly/3lXTcER>

#### 10.2.4. Plataforma ThingSpeak

Actualmente, se han desarrollado algunas plataformas basadas en IoT, tales como ThingSpeak, que es una interfaz de programación de aplicaciones (API) y a su vez es una aplicación, que permite recolectar, almacenar y recuperar datos de sensores en la nube mediante el protocolo HTTP o red local. Dentro de sus características se encuentra la fácil configuración de los dispositivos que enviarán los datos, obtención de datos en tiempo real, permite hacer prototipos o construir sistemas de IoT sin

necesidad de crear servidores o software web y es compatible con MATLAB lo que lo hace una plataforma muy útil.

Figura 29 ThingSpeak

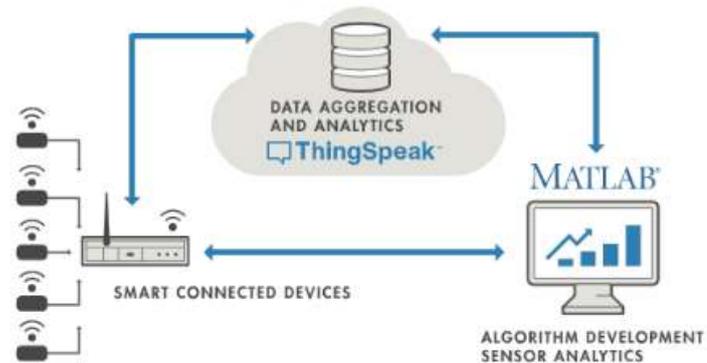


Imagen tomada en: <https://bit.ly/3m767o5>

### 10.3. Desarrollo del prototipo

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se debe considerar los siguientes puntos que se detallan a continuación.

#### 10.3.1. Diagrama de conexión sensor de oxígeno disuelto

Figura 30 Conexión del sensor de Oxígeno disuelto con Arduino Nano

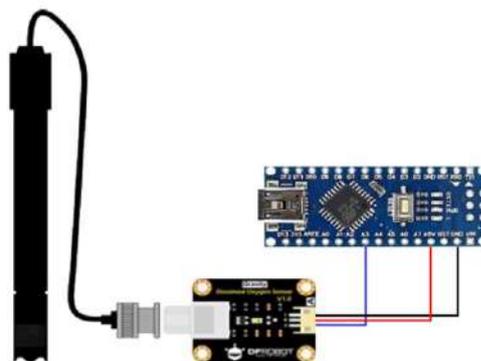


Imagen tomada por: Los autores.

Se considera que el sensor está compuesto de una sonda de medición y una placa de acondicionamiento electrónica, que amplifica la señal a un nivel de voltaje de cero a cinco voltios que puede ser interpretada como una entrada análoga en el Arduino. Se alimenta con 5V al pin de VCC, GND a tierra, y el pin de Señal al pin A3. Su alimentación se toma desde una fuente externa de 5V 3A que satisfaga a todas las cargas del circuito.

### **10.3.2. Diagrama de flujo del funcionamiento del sensor de oxígeno disuelto**

Para utilizar este sensor, en primer lugar, se debe colocar la solución NaOH, si se coloca demasiada puede dañar la membrana de la sonda o si es muy poca los valores medidos serán erróneos. Luego, de realizar correctamente este paso, se procede a calibrar la sonda gracias al código programado; dependiendo de nuestras necesidades se establecerá que tipo de calibración se debe ejecutar y cuando el voltaje esté estable, se registran los valores de temperatura y voltaje obtenidos. De forma más detallada se observa en la figura 45.

Cabe destacar que la calibración de un paso puede hacer con agua y con aire, en la figura a continuación se detalla el proceso a llevarse en caso de elegir el agua como medio de calibración.

En el caso de elegir el aire, se humedece la sonda en agua pura y se sacude la misma hasta quitar el exceso de gotas de agua. Luego se expone la sonda al aire con un flujo adecuado de aire. Cuando el voltaje de salida sea estable, se registra el voltaje y la temperatura actual.

Figura 31 Diagrama de flujo de calibración y funcionamiento del sensor de oxigenación

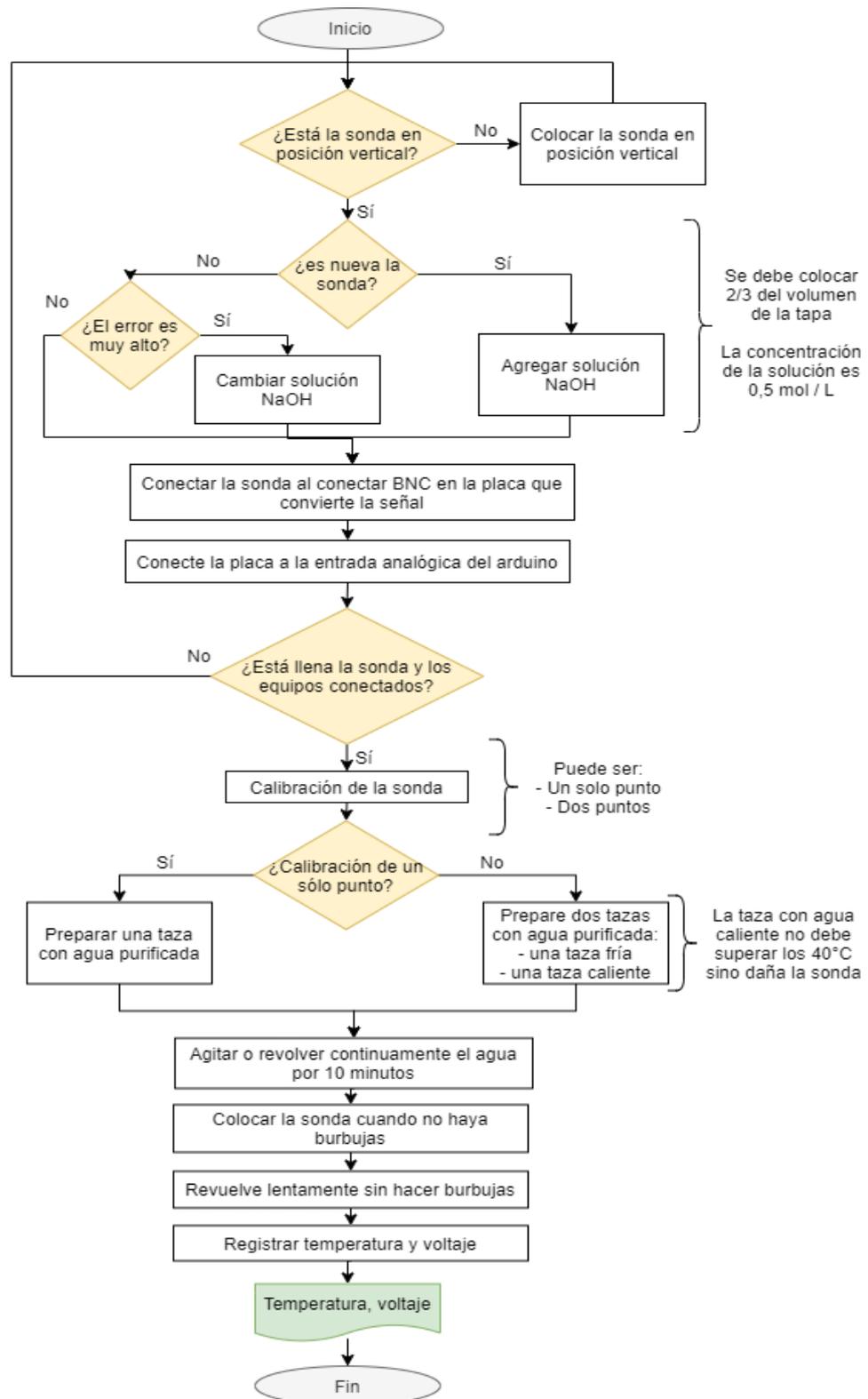


Imagen tomada por: Los autores.

Figura 32 Diagrama de flujo sensor de pH



Imagen tomada por: Los autores.

### 10.3.3. Diagrama de conexión sensor de pH

Figura 33 Conexión del sensor pH con el Arduino Nano

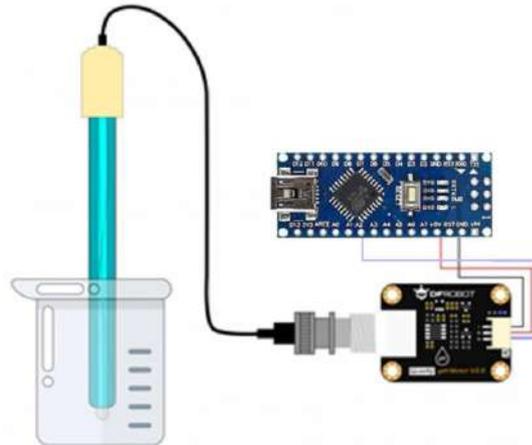


Imagen tomada por: Los autores.

El nivel de pH de las soluciones es medido por una sonda que debe sumergirse en el líquido, el resultado pasar por una etapa de acondicionamiento por amplificadores operacionales que amplifiquen su ganancia para que el Arduino pueda obtener valores legibles y programables. Su pin de señal se conecta al A2.

### 10.3.4. Diagrama de flujo del sensor de pH

El uso del sensor de pH es muy sencillo, la sonda se introducirá en soluciones con diferentes niveles de pH para obtener el valor del mismo. La conexión es sencilla, se une la sonda a través del terminal coaxial a la tarjeta con el sensor, y la tarjeta se conectará mediante pines al Arduino. Una vez verificado que el software reconoció el puerto, se procede, mediante código, a calibrar el sensor de pH. Finalmente, podremos observar los valores en nuestra pantalla.

Figura 34 Diagrama de flujo sensor de pH

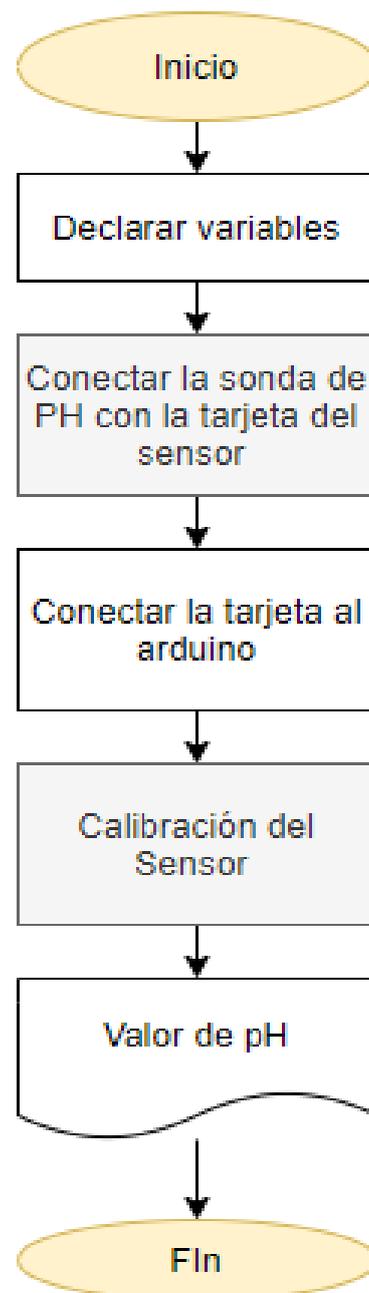


Imagen tomada por: Los autores.

### 10.3.5. Diagrama de conexión sensor de temperatura

Figura 35 Conexión del sensor de temperatura con el Arduino Nano

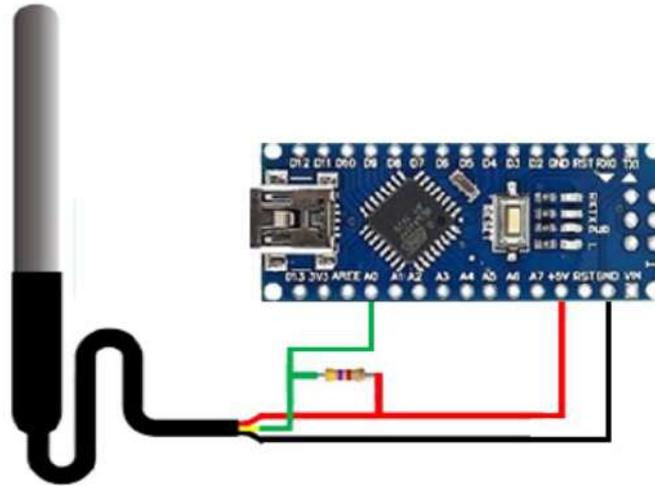


Imagen tomada por: Los autores.

El sensor de temperatura sumergible DS18B20, se encuentra dentro de un encapsulador hermético, a su salida debe colocarse un divisor de voltaje como etapa de acondicionamiento para obtener un valor de voltaje que será interpretado como un valor digital de la temperatura. Su pin de salida se conecta al A0.

### 10.3.6. Diagrama de flujo del sensor de temperatura

El sensor es digital, por lo cual usa una comunicación Serial OneWire, es decir que puede enviar y recibir datos por la misma vía o cable. Para interpretar los datos del sensor por el microcontrolador Arduino es necesario el uso de dos librerías OneWire y Dallas Temperatura.

Figura 36 Diagrama de flujo sensor de temperatura



Imagen tomada por: Los autores.

### 10.3.7. Diagrama de conexión del sistema de oxigenación.

Adicional a los 4 pines analógicos para la conexión con los sensores que nos marcarán los niveles de Oxígeno, turbidez, pH y temperatura del agua en el estanque, se añade una LCD 2002 para visualizar en campo los valores sensados, esta LCD se conecta por comunicación i2C al Arduino ocupando los pines A4 y A5 del Arduino nano. Se ha seleccionado el Arduino nano por su fiabilidad y tamaño, además al ser de bajo coste respecto a sus semejantes se puede intercambiar si este llegara a presentar fallos.

Para facilitar el uso del módulo en campo se ha desarrollado un menú con 4 botones conectados a los pines D2, D3, D4, D5 del Arduino. El primero se utiliza

como botón MENU para mostrar las opciones programadas, el botón SALIR para regresar a la pantalla de niveles medidos con los sensores, el botón SUBIR y SALIR para la navegación. De igual forma al pin D6 se conecta un buzzer activo, como una ayuda sonora para conocer el estado de los botones, es decir que emitirá sonidos al pulsar los botones.

Los pines TX-RX se conectan al módulo ESP32, mediante comunicación serial estos reciben los niveles medidos en el estanque. El módulo ESP32 mediante el servidor de Blynk, una plataforma IoT para desarrolladores muestra los datos desde la nube, para una mejor interpretación se ha desarrollado una app con acceso a gráficas y botones de control en el sistema de oxigenación.

Para la etapa de oxigenación del agua en un estanque sea de ½ HP de potencia, para su activación se requiere de una pequeña etapa de potencia compuesta de un relé conectado al pin D10, que se encarga de activar un contactor que enciende la bomba. El funcionamiento de la bomba puede ser manual o automático según los requerimientos del estanque y los peces.

La alimentación de la parte electrónica usa un adaptador de voltaje de 5V 3A, que alimenta de forma independiente los sensores, pantalla y controlador Arduino, para lo mismo se diseña una PCB para su conexión. En caso de fallo de la red eléctrica se intercambia el uso de esta con una batería seca de 12V 3A regulada un módulo LM2596 a 5V.

Figura 37 Conexión del sensor MPU6050 con el arduino mini y actuadores.

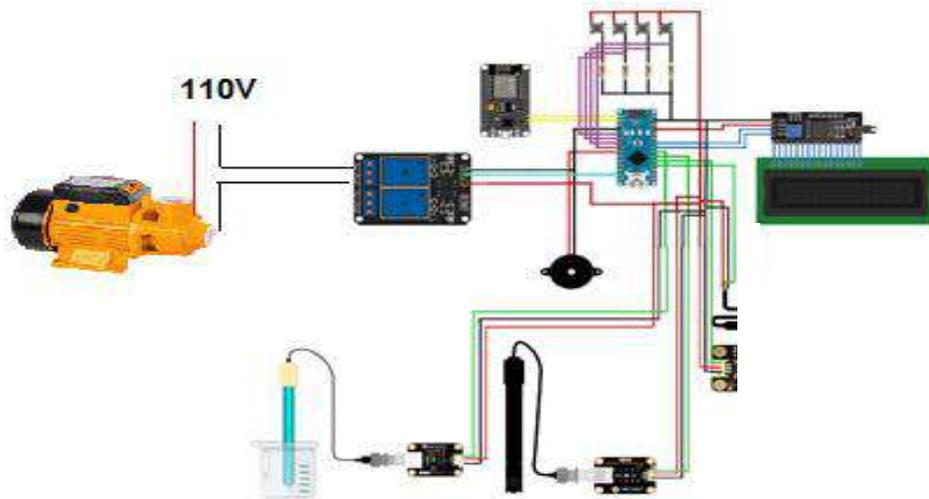


Imagen tomada por: Los autores.

### 10.3.8. PCB para sistema de oxigenación

El desarrollo de una PCB se basa en la presentación, a más de ser un soporte para los controladores, integra la conexión para todos los sensores y actuadores; facilitando la conexión de todos los componentes de manera ordenada y segura en una única caja de control. Para el diseño de la PCB se utilizó la plataforma web EasyEda, debido a que presta una amplia biblioteca de componentes electrónicos y una interfaz de usuario muy amigable y ágil.

En la figura 53 se observa la capa inferior de la placa, donde se ubica los controladores, y los conectores para alimentación y sensores.

Figura 38 PCB diseñada para sistema de oxigenación, control y monitoreo

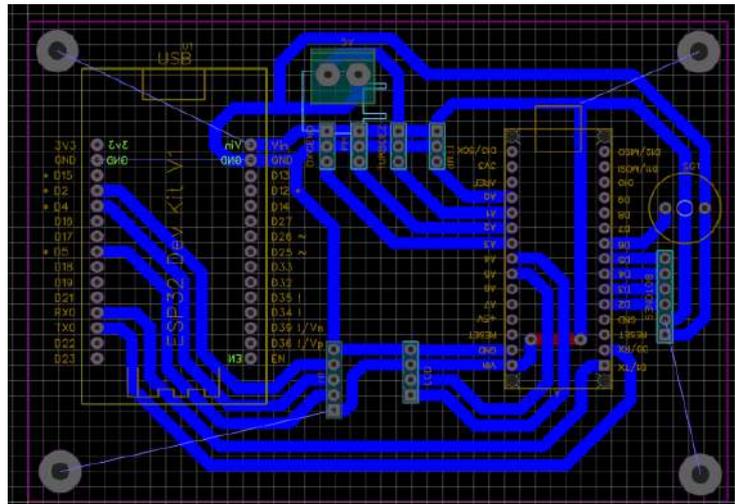


Imagen tomada por: Los autores.

En la siguiente figura 54 se observa una vista en 3 dimensiones de la placa y su diseño final con nomenclatura conocida como mascara de componentes.

Figura 39 Vista 3D de la PCB diseñada para sistema de oxigenación, control y monitoreo

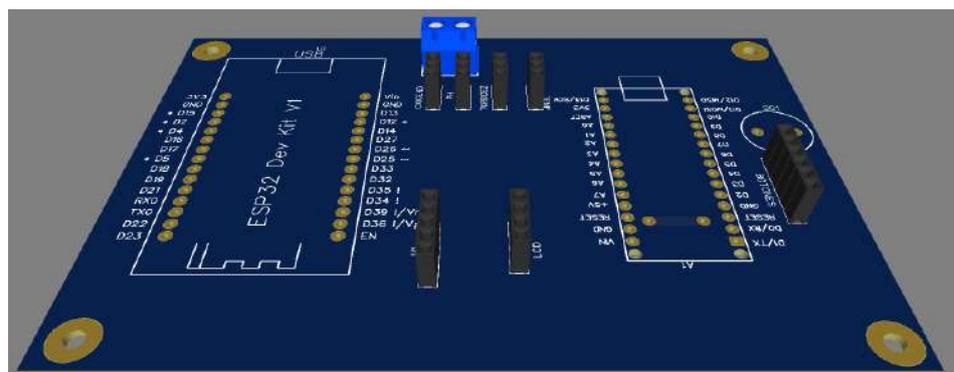


Imagen tomada por: Los autores.

### 10.3.9. Pines de conexión para el sistema de oxigenación.

El uso de una PCB facilita la conexión de los elementos que componen el sistema, sin embargo, es necesario considerar los pines asignados en la placa Arduino para los sensores y actuadores, de esta manera se facilita la programación del sistema. En la tabla 15 se muestra de manera detallada el componente y el pin al que está conectado en la PCB.

Tabla 15 Pines de conexión.

<i>Componente</i>	<i>Pin Arduino</i>
<i>Sensor de Oxígeno</i>	A3
<i>Sensor de pH</i>	A2
<i>Sensor de temperatura</i>	A0
<i>Buzzer</i>	6
<i>Salida para relé</i>	11
<i>Led</i>	13
<i>LCD</i>	A4, A5
<i>ESP32</i>	TX, RX
<i>Botón menú</i>	2
<i>Botón salir</i>	3
<i>Botón subir</i>	4
<i>Botón baja</i>	5
<i>Estado de batería</i>	12

Nota: Esta tabla resume los pines usados en el controlador Arduino para conectar los sensores y actuadores del sistema de oxigenación.

### 10.3.10. Diagrama de flujo del sistema de oxigenación.

Figura 40 Diagrama de flujo del sistema de oxigenación

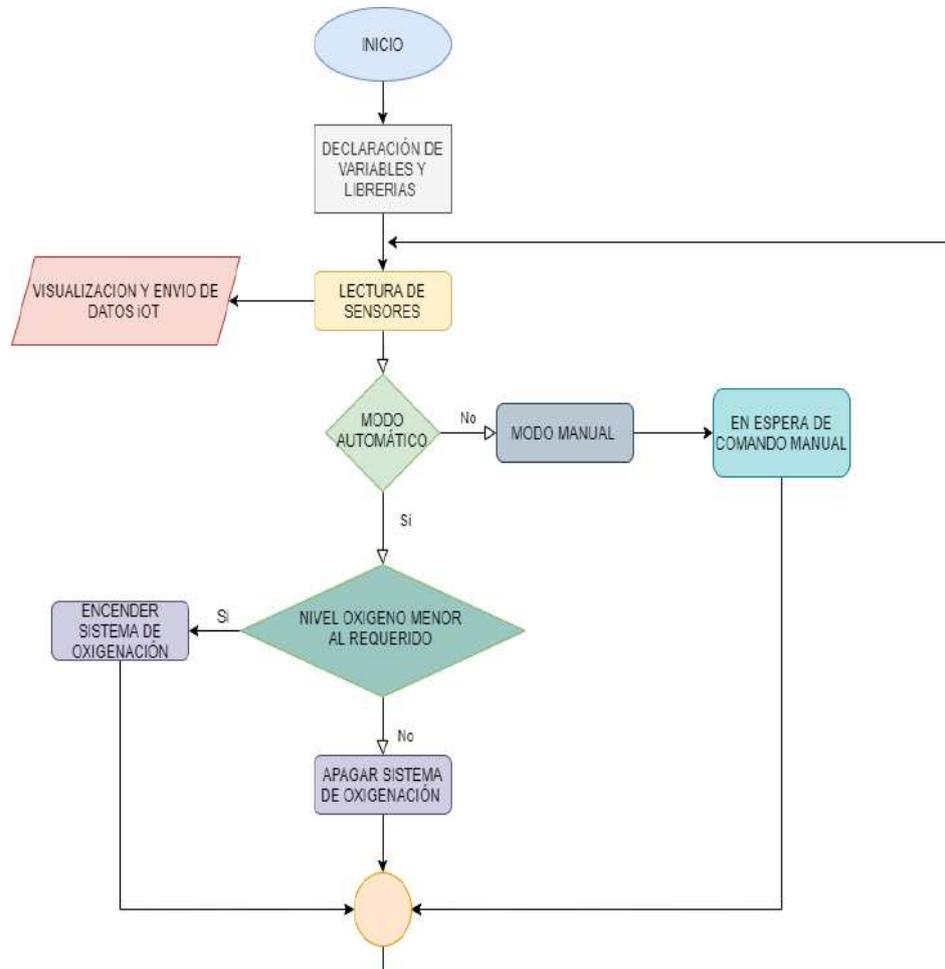


Imagen tomada por: Los autores.

En el programa se incluye librerías que interpreten los datos de los sensores pantalla, se define los pines a utilizarse en la tarjeta Arduino Nano, tanto análogos como digitales, detallados en la tabla 15. Seguido se declara variables para almacenar niveles de oxígeno, pH, temperatura, turbidez, estado de la bomba, valor de seteo para nivel necesario de oxígeno para los peces y modo de trabajo. También se define los niveles de oxígeno por temperatura definido por el fabricante. Posterior se declara

como entrada o salida los diferentes pines para su debido funcionamiento, una vez puesto en marcha los sensores los valores medidos se visualizan en la LCD.

El menú programado define el modo de funcionamiento del sistema, si este es automático se compara el nivel de oxígeno con el nivel seteado, si este nivel está por debajo se activa la bomba para inyectar oxígeno disuelto en el estanque hasta alcanzar el nivel requerido. Mientras este nivel se mantenga el sistema permanece apagado. Si el modo de operación seleccionado es manual, el sistema de oxigenación solo se enciende bajo criterio del operador ya sea en campo o desde la app.

### 10.3.11. Diagrama de Estados del menú.

Figura 41 Diagrama de estados del menú del sistema de oxigenación

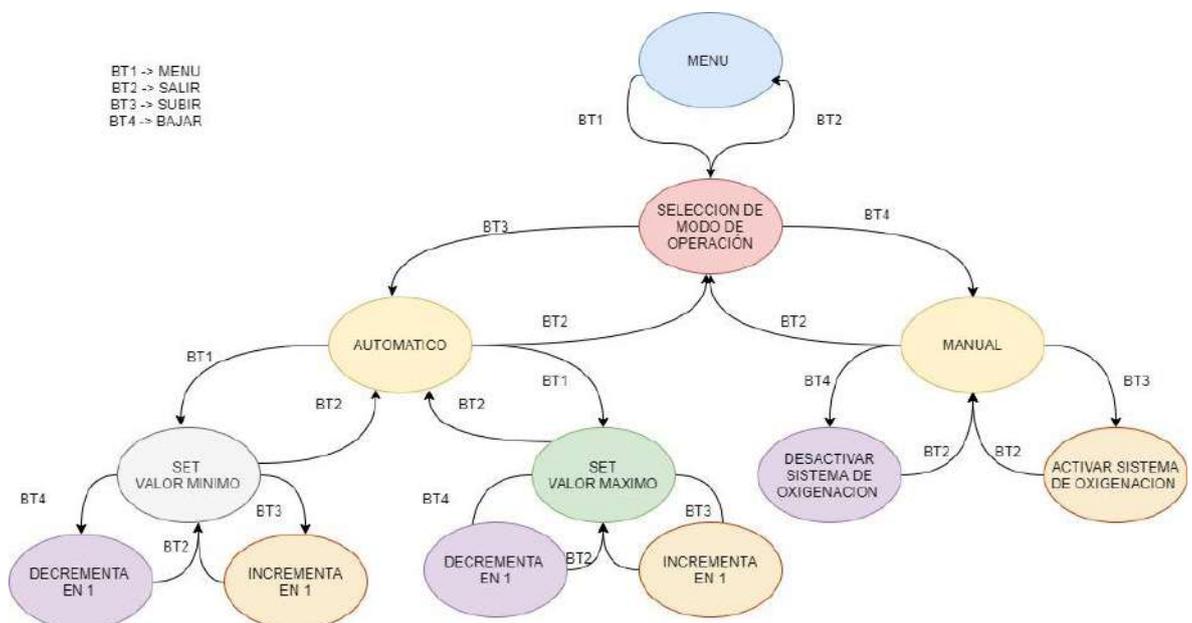


Imagen tomada por: Los autores.

El menú nos permite seleccionar el modo de operación del sistema, este conjunto de botones se ubica en la caja de control junto con la electrónica que se colocará en campo, junto al estanque. Dentro del menú de automático se establece el

nivel necesario de oxígeno requerido por los peces, este puede subir o bajar dependiendo con los botones de navegación. Otra opción es el modo manual, que permite encender o apagar el sistema de oxigenación, si al salir de alguno de estos modos automáticamente queda seleccionado el modo de operación.

### 10.3.12. Diagrama de flujo del monitoreo y control remoto.

Figura 42 Diagrama de flujo del monitoreo y control remoto

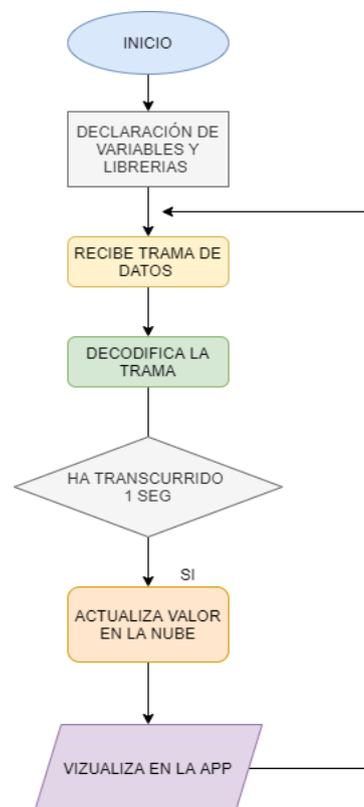


Imagen tomada por: Los autores.

El control y monitoreo remoto se logra gracias a la placa ESP32, el proceso inicia con la declaración de librerías para uso de la plataforma Blynk, así como comunicación Wifi del módulo. Posterior se declara las credenciales de uso de Blynk y las variables como nivel de oxígeno, turbidez, pH, temperatura y estado. Para la

lectura de datos por puerto serial se ha usado una función con un cronometro propia de la librería de Blynk para leer y visualizar datos cada segundo, la trama de datos recibe una cadena de caracteres los mismos son separados por comas para extraerlos en variable individuales y visualizarlas en aplicación.

### 10.3.13. Sistema para alimentación de emergencia

El sistema cuenta con una batería que funciona en caso de emergencia cuando ocurra un fallo de energía en la red eléctrica, de esta forma el monitoreo será constante sin interrupciones. Cuando este sistema entre en funcionamiento se enviará una alarma visual a la app para que una persona responsable se acerque al estanque e inspeccione el fallo.

El diagrama de conexión para este sistema se muestra en la siguiente figura.

*Figura 43 Diagrama de conexión para sistema de alimentación de emergencia*

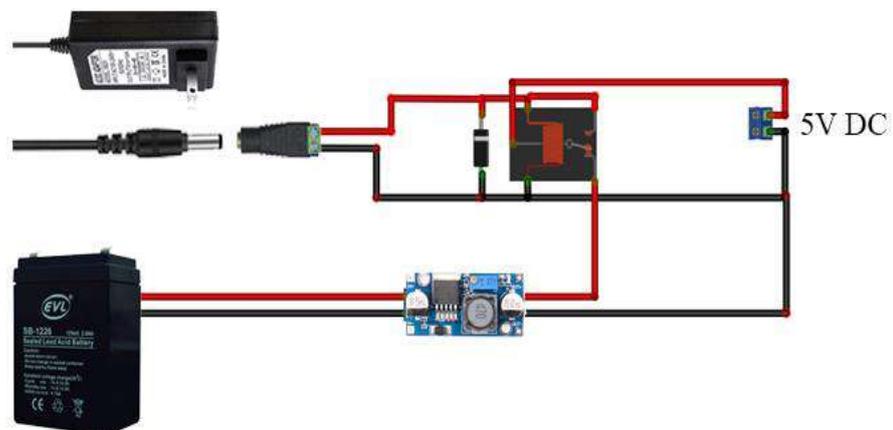


Imagen tomada por: Los autores.

### 10.3.14. Cálculo de consumo del sistema.

Para establecer el tiempo de duración de la batería cuando esta entre en funcionamiento es necesario calcular el consumo total del sistema, este resulta de la suma de todos los consumos de los elementos que forman parte del mismo.

*Tabla 16 Consumo de corriente de los componentes del prototipo.*

<b>Componente</b>	<b>Corriente mAh</b>
Arduino nano	15 mAh
Node MCU ESP32	180 mAh
Sensor SEN0189	40 mAh
Sonda SEN0237	20 mAh
Sensor SKU SEN0189	20 mAh
Sensor 0161	20 mAh
Sensor DS18B20	1.5 mAh
Módulo relé	20 mAh
Pantalla LCD	500 mAh 2
Buzzer	30 mAh

Nota: Esta tabla detalla el consumo en mAh de los componentes de la caja de control del sistema oxigenación.

Para calcular el tiempo estima de duración de la batería, sumamos todos los valores de consumo de los componentes, luego dividimos para la corriente total de la batería y así obtenemos el valor estimado de la duración de la misma expresada en horas.

- Consumo total de los componentes:

$$C_t = 842.5 \text{ mA}$$

- Corriente suministrada por la batería

$$C_b = 3000 \text{ mA}$$

- Cálculo de duración de batería

$$\frac{C_b}{C_t} = Td$$

$$\frac{842.5 \text{ mA}}{3000 \text{ mA}}$$

$$0.28 \text{ h}$$

Con este cálculo conocemos que el sistema de emergencia puede permanecer encendido por 0.28 horas, debemos considerar que este tiempo es un valor estimado con todos los componentes funcionando a máxima potencia.

### **10.3.15. Desarrollo de App**

La app está desarrollada en la plataforma Blynk para monitoreo remoto del estanque, y control manual del sistema de oxigenación. El diseño de aplicaciones para la Internet de las Cosas IoT puede ser complejo por la infinidad de posibilidades tanto en protocolos como aplicaciones, afortunadamente Blynk facilita el desarrollo de aplicaciones gracias a su interfaz simple.

Para la creación de la app de monitoreo se ha seguido los siguientes pasos:

1. Instalación de Blynk en un dispositivo Android, la misma se encuentra en la Play store de manera gratuita como se ve en la figura 59.

*Figura 44 App Blynk para descargar en Play Store*



Imagen tomada en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.blynk&hl=es>

2. Una vez instalada la app, se ha creado una cuenta con una dirección de email y una contraseña

*Figura 45 Credenciales de Blynk*

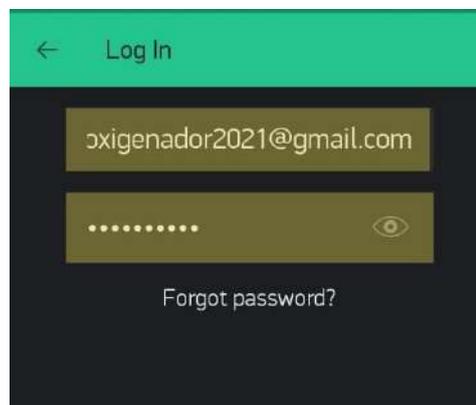


Imagen tomada por: Los autores.

3. Creamos un proyecto, donde seleccionamos el controlador desde el cual se transmite los datos a la nube, el nombre del proyecto y el tipo de comunicación a usar.

Figura 46 Datos del proyecto

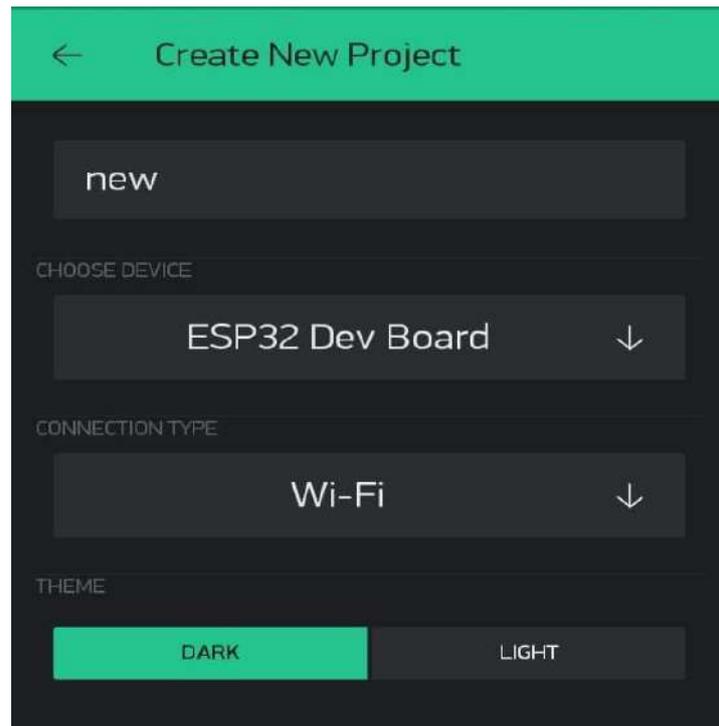


Imagen tomada por: Los autores.

4. Finalmente diseñamos una interfaz. Como nuestra app es de monitoreo usamos indicadores análogos para mostrar los datos de los sensores: oxígeno en el agua, calidad del agua considerando los sólidos disueltos, el pH y temperatura de la misma. Estos valores se actualizan cada segundo con los niveles obtenidos con el Arduino. Adicional un botón para el encendido remoto de la bomba, este funciona únicamente cuando está en modo de operación manual. Y un indicador led para el estado del sistema de emergencia, este se activa cuando se haya activado el sistema de alimentación de emergencia.

Figura 47 App de monitoreo y control remoto

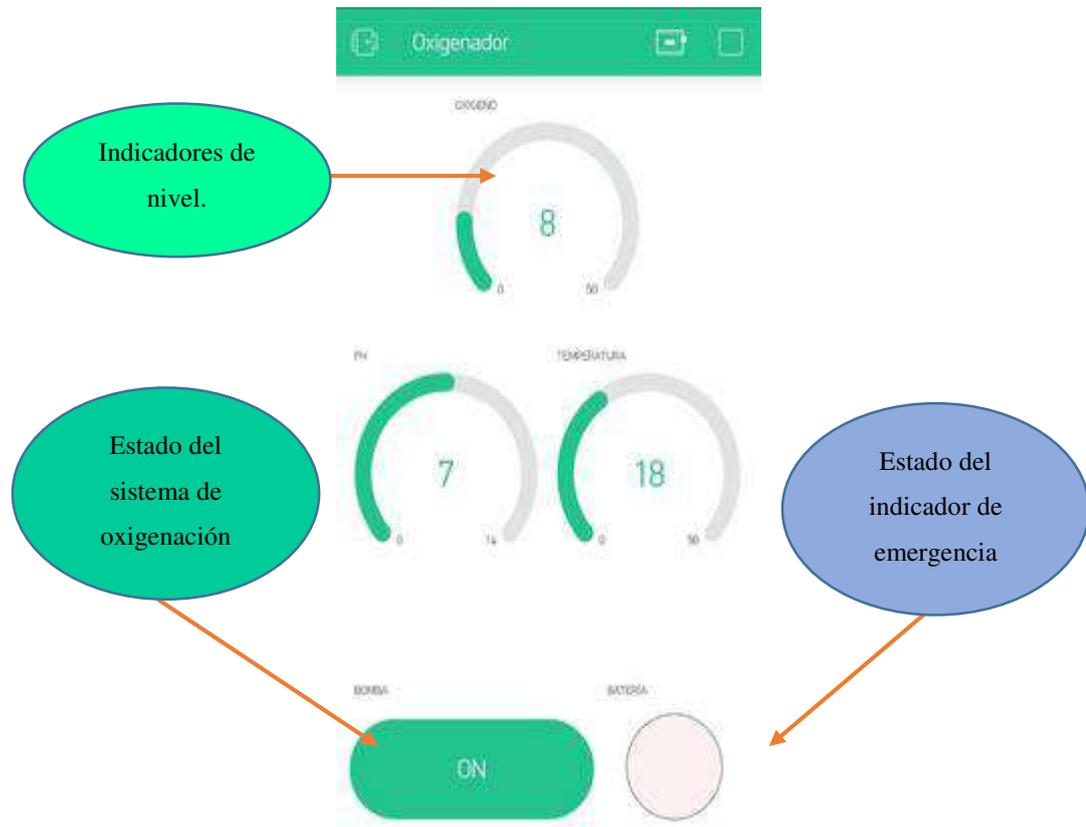


Imagen tomada por: Los autores.

5. Una vez creado el proyecto e interfaz, se agrega el token al código de la ESP32. Además, se asigna los elementos de la aplicación, en caso de los indicadores a un pin virtual que toma los valores los sensores, y el botón simplemente se conecta a un pin físico ESP32.

Figura 48 Captura del código

```

/**/ Token de autenticación Blynk App*****/
char auth[] = "tkkWd7piQQHT4iMRU53_kFSmHgo749DL";

Blynk.virtualWrite(V0, oxigeno);
Blynk.virtualWrite(V1, ph);
Blynk.virtualWrite(V2, turbidez);
Blynk.virtualWrite(V3, temperatura);
Blynk.virtualWrite(V4, estado);

ThingSpeak.setField(1, oxigeno);
ThingSpeak.setField(2, ph);
ThingSpeak.setField(3, turbidez);
ThingSpeak.setField(4, temperatura);

```

Imagen tomada por: Los autores.

## 10.4. Calibración de sensores

### 10.4.1. Sensor de Oxígeno Disuelto

Como se analizó para el correcto funcionamiento del sensor de oxígeno es necesario que este pase por un proceso de calibración. Cuando la temperatura es fija, el voltaje se relaciona linealmente con la concentración de oxígeno disuelto. Debido a las ligeras diferencias en la producción de la sonda, es necesario calibrar el voltaje correspondiente al oxígeno disuelto saturado antes de poder obtener datos precisos.

El método elegido fue la calibración en dos puntos que nos da mayor fiabilidad en la toma de muestras. El oxígeno disuelto saturado se ve muy afectado por los cambios de temperatura. Para mejorar la precisión, es necesario considerar los cambios en el oxígeno disuelto y el voltaje de saturación causados por los cambios de temperatura.

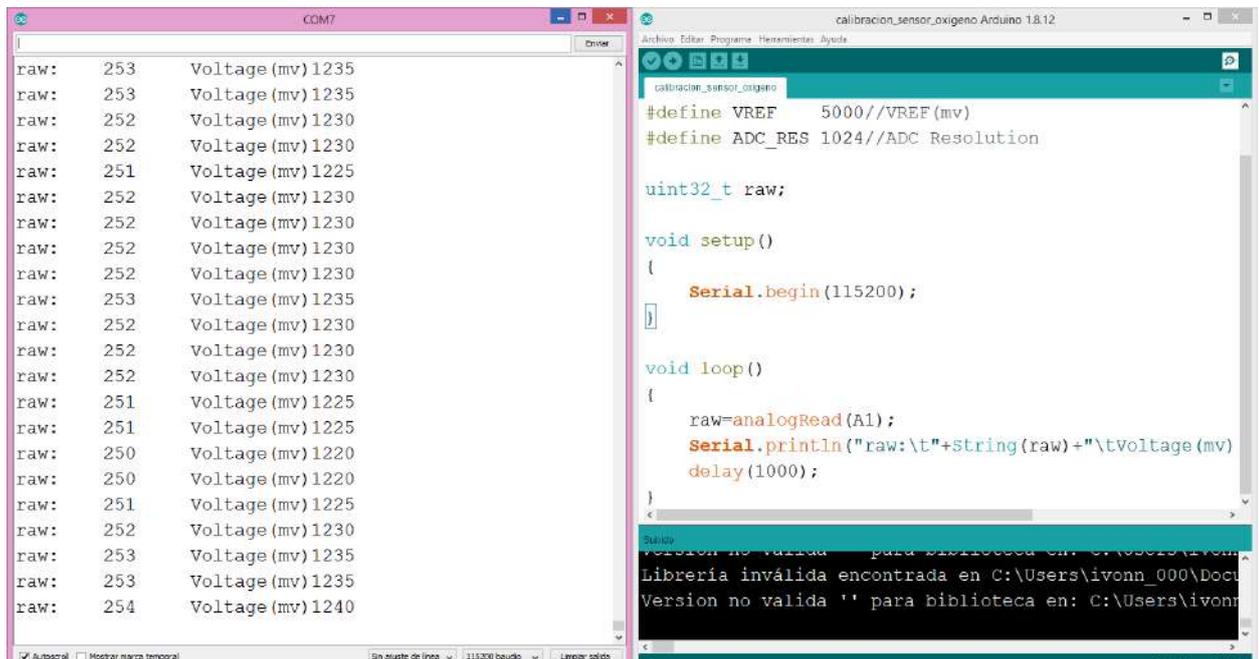
Es necesario medir el voltaje de oxígeno disuelto saturado a dos temperaturas diferentes para obtener una curva de compensación de temperatura. La correspondencia entre la temperatura y el oxígeno disuelto saturado a presión atmosférica estándar es conocida, y la concentración de oxígeno saturado y el voltaje correspondiente a la temperatura actual se pueden determinar midiendo la temperatura para calcular el oxígeno disuelto. El proceso inicia con la toma de datos con dos muestras de agua a diferente temperatura: la primera se tomó a 19°C, con un resultado promedio de 849mv, segunda muestra con temperatura de 15°C arrojo como resultado 903mv.

*Figura 49 Calibración de sensor de oxígeno*



Imagen tomada por: Los autores.

Figura 50 Toma de datos durante calibración de sensor de oxígeno



```

COM7
raw: 253 Voltage (mv) 1235
raw: 253 Voltage (mv) 1235
raw: 252 Voltage (mv) 1230
raw: 252 Voltage (mv) 1230
raw: 251 Voltage (mv) 1225
raw: 252 Voltage (mv) 1230
raw: 253 Voltage (mv) 1235
raw: 252 Voltage (mv) 1230
raw: 252 Voltage (mv) 1230
raw: 252 Voltage (mv) 1230
raw: 251 Voltage (mv) 1225
raw: 251 Voltage (mv) 1225
raw: 250 Voltage (mv) 1220
raw: 250 Voltage (mv) 1220
raw: 251 Voltage (mv) 1225
raw: 252 Voltage (mv) 1230
raw: 253 Voltage (mv) 1235
raw: 253 Voltage (mv) 1235
raw: 254 Voltage (mv) 1240

calibracion_sensor_oxigeno Arduino 1.8.12
#define VREF 5000//VREF(mv)
#define ADC_RES 1024//ADC Resolution

uint32_t raw;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
}

void loop()
{
  raw=analogRead(A1);
  Serial.println("raw:\t"+String(raw)+"\tVoltage (mv)");
  delay(1000);
}

```

Imagen tomada por: Los autores.

Con estos resultados se calcula el voltaje de saturación del sensor usando la siguiente formula:

$$V_{\text{saturación}} = \frac{(\text{temperature}_c - \text{CAL2}_T) * (\text{CAL1}_V - \text{CAL2}_V)}{(\text{CAL1}_T - \text{CAL2}_T) + \text{CAL2}_V}$$

Donde:

$\text{temperature}_c$  = Valor actual de temperatura

$\text{CAL1}_V$  = Valor de voltaje de muestra 1

$\text{CAL2}_V$  = Valor de voltaje de muestra 2

$\text{CAL1}_T$  = Valor de temperatura de muestra 1

$\text{CAL2}_T$  = Valor de temperatura de muestra 2

Una vez calculado este valor de saturación, y conocida la temperatura actual del agua del estanque se puede obtener un nivel de oxígeno disuelto en el agua. Los valores se muestran en la siguiente figura.

*Figura 51 Relación aproximada entre el voltaje de saturación y la temperatura.*

T °C	DO mg/L	T °C	DO mg/L	T °C	DO mg/L
0	14.60	16	9.86	32	7.30
1	14.22	17	9.64	33	7.17
2	13.80	18	9.47	34	7.06
3	13.44	19	9.27	35	6.94
4	13.08	20	9.09	36	6.84
5	12.76	21	8.91	37	6.72
6	12.44	22	8.74	38	6.60
7	12.11	23	8.57	39	6.52
8	11.83	24	8.41	40	6.40
9	11.56	25	8.25	41	6.33
10	11.29	26	8.11	42	6.23
11	11.04	27	7.96	43	6.13
12	10.76	28	7.83	44	6.06
13	10.54	29	7.68	45	5.97
14	10.31	30	7.56	46	5.88
15	10.06	31	7.43	47	5.79

Imagen tomada de: <https://bit.ly/3mXq8he>

Terminada la calibración del sensor de oxígeno, se define el promedio obtenido en el código de la tarjeta Arduino para visualizarse y controlar el sistema de inyección de oxígeno en el estanque.



Figura 53 Relación aproximada entre el voltaje y nivel de pH.

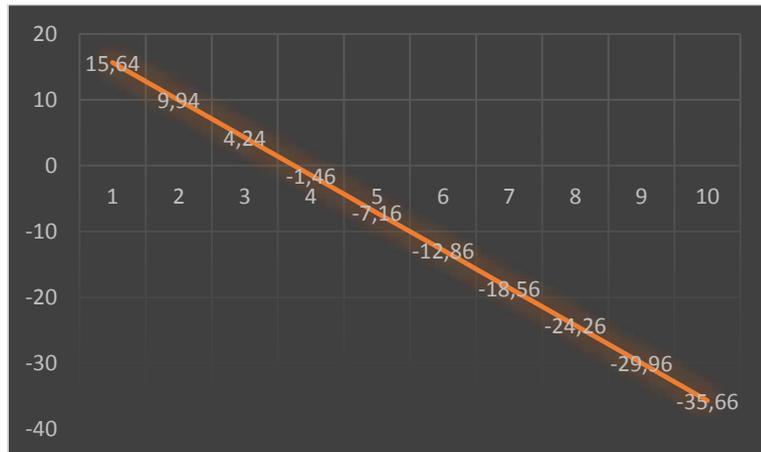


Imagen tomada de: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-175-Relacion-Voltaje-pH\\_fig3\\_268805971](https://www.researchgate.net/figure/Figura-175-Relacion-Voltaje-pH_fig3_268805971)

Con esta grafica se obtiene la siguiente formula:

$$pH_{value} = -5.7 * V_{pH} + 21.34$$

Donde:

- $pH_{value}$  = es el valor de pH calculado
- $V_{pH}$  = Nivel de voltaje obtenido por el sensor

Usando la ecuación tenemos un valor de pH en base al voltaje obtenido mediante la sonda en el estanque de agua

### 10.5. Sistema de oxigenación usando el efecto Venturi

Es muy importante mantener los niveles adecuados de oxígeno en Acuicultura, para ello existen algunos métodos que se pueden emplear con aireadores y oxigenadores. Cada uno de ellos se subdividen en otros más que generan diversas

opciones para escoger el que mejor se adapte a nuestras necesidades. Dentro de estos sistemas, existen los que se basan en el efecto Venturi.

### 10.5.1. Principio de un aireador de Venturi

El efecto o tubo de Venturi es el proceso en el que un fluido se mueve dentro de un conducto cerrado, y al pasar por una sección de menor tamaño aumenta su velocidad al disminuir su presión, como se ve en la figura 70.

Figura 54 Efecto Venturi



Imagen tomada de: <https://bit.ly/3xFdHs2>

En acuicultura, se aplica este principio para inyectar oxígeno mediante una bomba de agua que permite el ingreso de agua a presión por la pieza de Venturi, esta pieza tiene en su interior una reducción que aumenta aún más la velocidad del agua en ese trayecto (Véase figura 70), el mismo que tiene una salida al exterior (Véase figura 71). En ese punto se crea un vacío debido al incremento de velocidad que succiona aire difundiendo en el agua como una serie de pequeñas burbujas en la columna de agua.

*Figura 55 Reducción de tubería para Efecto Venturi*



Imagen tomada por: Los autores.

*Figura 56 Salida al exterior para ingreso de aire al agua*



Imagen tomada por: Los autores.

## **10.6. Implementación del sistema de control para oxigenación**

Una vez realizadas las calibraciones de los sensores es momento de consolidar todos los elementos electrónicos para que funcione en conjunto. Por un lado, el Arduino, controla de la lectura de sensores y funcionamiento de actuadores en campo, mientras la ESP32 que se encarga de la visualización y control remoto desde el sistema desde la internet.

*Figura 57 Implementación de gabinete de control para oxigenación*



Imagen tomada por: Los autores.

Toda la parte electrónica se ha colocado en un gabinete metálico para protegerla de la erosión, dentro se encuentra a más de los controladores en la PCB, las tarjetas acondicionadoras para los sensores, el sistema de alimentación de emergencia, y la salida para la etapa de potencia mediante un contactor de 110V/10A.

Figura 58 Vista al interior de gabinete

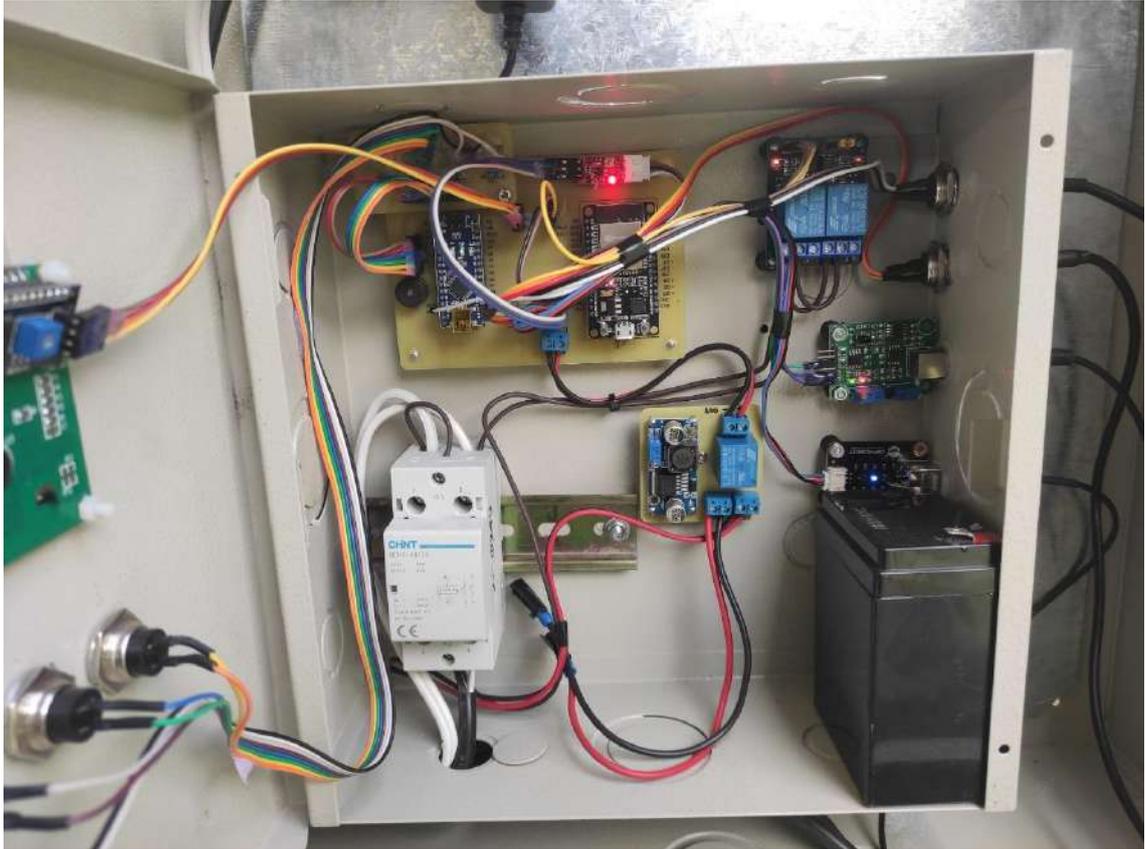


Imagen tomada por: Los autores.

El gabinete posee un menú compuesto de 4 botones como se ve en la figura 75, el mismo que facilita la programación del sistema; ya sea que se lo pretenda usar de manera manual o automática. Para dentro del modo manual se activa o desactiva la bomba, y dentro del modo automático se establece el valor mínimo de oxígeno para encender y máximo para apagar la bomba.

Figura 59 Vista exterior del gabinete



Imagen tomada por: Los autores.

#### **10.6.1. Implementación del sistema de Venturi para oxigenación**

Para aplicar el principio de Venturi, a más de los elementos electrónicos y eléctricos se ha diseñado un sistema de tubería que forme un circuito cerrado de agua del estanque con una entrada de aire. Para esta se utilizó tubo de 1 pulgada de diámetro, con una serie de acoples que se adaptan tanto a la entrada como a la salida de la bomba de  $\frac{1}{2}$  HP como se puede ver en la figura 76.

*Figura 60 Circuito de tubería instalada en el estanque*



Imagen tomada por: Los autores.

### **10.6.2. Instalación del sistema**

Para la instalación del sistema de oxigenación, así como de su sistema de control se debe considerar dos factores:

- La profundidad de trabajo del sistema de Venturi implementado debe trabajar de 30 a 50 cm de la superficie. Para ello se ha considerado las dimensiones de la tubería.

*Figura 61 Profundidad de tubería instalada*



Imagen tomada por: Los autores.

Las sondas de los sensores deben colocarse a no más de un metro de la cabina de control, por lo tanto, debe colocarse lo más cerca al estante.

*Figura 62 Profundidad de tubería instalada*



Imagen tomada por: Los autores.

## 10.7. Pruebas del prototipo.

Con el sistema implementado e instalado se procede a realizar pruebas que validen el funcionamiento del mismo. Para el desarrollo de estas pruebas se validó el correcto funcionamiento de cada sensor y se registró las mediciones de estos a diferentes escenarios, además se estableció el tiempo promedio del sistema en llegar a niveles de oxígeno aceptables para los peces.

### 10.7.1. Prueba 1: Sensores.

Se toma datos de los sensores de temperatura, pH, turbidez y oxígeno a diferentes horarios y días, para validar el correcto funcionamiento del mismo

*Tabla 17 Toma de datos por los sensores.*

Muestra	Fecha	Temperatura	pH	Oxígeno
		Min/Max/°C	Min/Max	Min/Max
1	7/09/2021	12°C – 15°C	6 – 8	5 – 8mg/l
2	8/09/2021	14°C – 17°C	6 – 8	5 – 8mg/l
3	9/09/2021	11°C – 18°C	6 – 8	5 – 8mg/l
4	10/09/2021	10°C – 20°C	6 – 8	5 – 8mg/l
5	11/09/2021	10°C – 19°C	6 – 8	5 – 8mg/l
6	12/09/2021	9°C – 18°C	6 – 8	5 – 8mg/l

<b>7</b>	13/09/2021	8°C – 18°C	6 – 8	5 – 8mg/l
<b>8</b>	14/09/2021	8°C – 19°C	6 – 8	5 – 8mg/l
<b>9</b>	15/09/2021	9°C – 18°C	6 – 8	5 – 8mg/l
<b>10</b>	16/09/2021	11°C – 19°C	6 – 8	5 – 8mg/l

Nota: Esta tabla enumera los resultados obtenidos durante las pruebas que se realizaron al sistema de oxigenación.

### 10.7.2. Prueba 2: Tiempo de oxigenación.

Para establecer el tiempo que tarda el sistema en llegar a los niveles óptimos de saturación de oxígeno se ha tomado 10 muestras de tiempo, que se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 18 Toma de tiempos de oxigenación*

Muestra	Nivel de oxígeno	Tiempo
<b>1</b>	8mg/l	30min
<b>2</b>	7mg/l	30min
<b>3</b>	6mg/l	30min
<b>4</b>	5mg/l	20min
<b>5</b>	7mg/l	30min
<b>6</b>	8mg/l	30min
<b>7</b>	6mg/l	30min
<b>8</b>	7mg/l	30min
<b>9</b>	8mg/l	30min
<b>10</b>	8mg/l	30min

Nota: Esta tabla agrupa 10 muestras de tiempo en que el sistema de oxigenación llega a su valor ideal.

### 10.7.3. Prueba 3: Respuesta en control remoto.

Se conoce que existe una latencia en la recepción de datos desde la nube al control en campo desde cualquier dispositivo, la siguiente prueba toma muestras de tiempo de respuesta desde la aplicación al sistema en campo.

*Tabla 19 Toma de tiempo de respuesta desde app al sistema en campo.*

Muestra	Acción	Tiempo-s
1	Encender Bomba	2s
2	Apagar Bomba	2s
3	Uso de batería de emergencia	1s
4	Nivel de oxígeno	2s
5	Temperatura del agua	2s
6	Nivel de pH del agua	2s

Nota: Esta tabla contabiliza el tiempo que tarda el sistema de oxigenación en ejecutar una acción desde que ha sido enviada la orden desde la app.

### 10.7.4. Prueba 4: Prueba de mortalidad de peces

Para determinar la eficacia del sistema implementado se hace una comparativa en un mismo periodo de tiempo de la tasa de mortalidad de los peces bajo las mismas condiciones: temperatura y pH. Con la variación de concentración de oxígeno incrementado por el sistema implementado.

Tabla 20 Mortalidad de peces con y sin el sistema implementado.

Día	Temperatura promedio	pH Promedio	Número Peces muertos	
			Sin el sistema	Con el sistema
1	13 °C	7	0	0
2	15 °C	7	0	1
3	14 °C	7	0	1
4	15 °C	7	0	2
5	14 °C	7	0	1
6	13 °C	7	0	0
7	14 °C	7	15	0
8	13 °C	7	0	0
9	13 °C	7	0	0
10	15 °C	7	0	0

Nota: Esta tabla resume la cantidad de peces muertos durante 20 días, donde se utilizó y no el sistema implementado para hacer una comparativa.

Para calcular la mortalidad de los peces aplicamos la siguiente formula:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{Total de peces muertos} * 100}{\text{total de peces sembrados}}$$

Conociendo que el total de peces sembrados fue de 100, tenemos los siguientes índices de mortalidad:

Figura 63 Resultados de mortalidad



Imagen tomada por: Los autores.

#### 10.7.5. Análisis de resultados.

Los resultados del sistema de puede cuantificar en base a las pruebas realizadas anteriormente, en las siguientes tablas se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 21 Análisis de resultados de funcionamiento del sistema.

Prueba	Promedio	Resultado	
1	Temperatura	14.5°C	Correcto
	pH	7	Correcto
	Oxígeno	6.5mg/l	Correcto
2	Tiempo de oxigenación	29 min	Correcto
3	Latencia	1.9s	Correcto
4	Mortalidad	5%	Regular

Nota: Esta tabla resume los resultados obtenidos en las pruebas anteriores.

Al analizar otros criaderos de truchas se logró evidenciar que una gran mayoría desarrollan un proceso de oxigenación a través de la bomba, solo incorporando la salida de la misma por medio de un tubo el cual lleva el oxígeno hasta la piscina. A diferencia de los criaderos convencionales el proyecto incorpora el efecto venturi, el cual mejora considerablemente la oxigenación, superando los 6 mg/l que es la medida idónea para la supervivencia de los peces.

Cabe añadir que la respuesta de activación de la bomba es casi inmediata al ser gestionada por el prototipo de control con una latencia mínima menor a 2 segundos; en lo referente al pH todos saben los valores que se deben mantener, por esa parte no hay novedades, al igual en la parte de la temperatura la trucha es criada en climas o lugares fríos en esa parte se pueden llegar a encontrar variaciones según el lugar donde se instala el sistema , ya que hay lugares donde las temperaturas pueden llegar a ser mas bajas.

## 11. Conclusiones.

Durante el desarrollo del proyecto de titulación, se concluye lo siguiente:

Se investigó sobre sistemas de oxigenación para criaderos de peces existentes haciendo uso de fuentes web confiables, artículos científicos o libros. Identificando la oportunidad de involucrar nuevas tecnologías en criaderos de peces, para el cuidado autónomo en base al control de parámetros de soporte vital para peces.

Se diseñó un sistema de oxigenación basado en el efecto Venturi utilizando un sistema de tubería con una reducción y entrada de aire ubicada a 50 cm de la bomba y sumergida a 35cm en el estanque, que, en conjunto con equipos y sensores de bajo costo y de alta eficiencia monitorean en tiempo real los parámetros vitales de los peces y permiten mejorar la producción y poder evitar la muerte masiva de los peces.

Se construyó e implementó sistema de oxigenación en un estanque real con un área de 5m<sup>2</sup> y un volumen de agua de 2.1m<sup>3</sup> que alberga a 40 peces, este sistema es completo, es decir que se encarga no solo de la inyección de oxígeno, sino además mantiene estable el nivel del mismo para diferentes tipos de peces. Todo gracias a un conjunto de actuadores y sensores que monitorean en tiempo real los parámetros vitales de los peces y permiten la programación de niveles óptimos de oxígeno mediante una interfaz simple y de fácil manejo.

Se desarrolló para el monitoreo y control remoto una aplicación, desde esta se puede visualizar los niveles de parámetros vitales para los peces desde la nube utilizando tecnología wifi. De esta manera se puede tener acceso a estos datos desde cualquier punto con acceso a internet para vigilar y monitorear constantemente a las especies del criadero, y así evitar posibles inconvenientes como un fallo de energía

eléctrica, o si necesita algún tratamiento para purificación de agua. Con los datos tomados de los sensores estos se pueden analizar los factores de oxigenación posteriormente, ya que se guarda un histórico de los mismos en Thingspeak. Así no solo es un monitoreo desde un teléfono Android, también desde un navegador web.

Se realizaron varias pruebas que validan el correcto funcionamiento del sistema a un 98%. Con este sistema se muestra un aumento significativo en la producción real y evita la muerte masiva de los peces.

## 12. Recomendaciones

Durante el desarrollo del proyecto de titulación, se recomienda lo siguiente:

Es importante considerar la calidad de agua del estanque de peces, si esta contiene despojos, basura, desechos sólidos el sistema puede obstruirse y dañar la bomba. Como una mejora se puede implementar un filtro a la entrada que evite que entre residuos a la bomba.

Es significativo la innovación, por ello se recomienda tener un monitoreo constante de los valores medidos en el estanque de esta manera detectar cualquier anomalía a tiempo, de esta manera realizar mantenimientos preventivos y correctivos en caso de ser necesarios.

Debido a los altos costos de producción de peces el sistema busca reducir las pérdidas y mejorar la productividad, para ellos necesario llevar un análisis continuo de los históricos almacenado en la web, se recomienda hacer uso de estadísticas predictivas que permita reducir costos de producción sin perder la calidad de la crianza.

El sensor de oxígeno que se usó lleva un líquido por dentro del mismo, el cual es muy tóxico para los peces, con lo cual se debe tener mucho cuidado al hacer el cambio del mismo, ya que la especie podría morir si no se pone la cantidad que debe llevar el sensor.

Es mejor tener una vertiente natural de agua ya sea una quebrada o río, ya que contiene cierto nivel de oxígeno el cual puede ayudar a mantener los niveles óptimos de oxígeno.

### 13. Referencias Bibliografía

Ajero, E. (02 de 02 de 2018). *www.coajosaceuchal.es*. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de <https://www.coajosaceuchal.es/es/2018/02/02/datos-curiosos-del-ajo-y-su-consumo-en-todo-el-mundo/>

AREATECNOLÓGICA. (2021). Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>

CEMIT, D. U. (08 de Abril de 2019). *La Secretaría del Ambiente (SEAM)*. Obtenido de La Secretaría del Ambiente (SEAM): <http://www.mades.gov.py/2019/04/08/estudios-confirman-que-mortandad-de-peces-fue-por-falta-de-oxigeno/>

Contreras, P., & Perez, p. 6. (11 de 12 de 2019). *Universidad Cooperativa de colombia*. Obtenido de Universidad Cooperativa de colombia: [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16514/2/2019\\_dise%C3%B1o\\_agua\\_sistema.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16514/2/2019_dise%C3%B1o_agua_sistema.pdf)

Descubriendoarduino. (2014). *dA*. Obtenido de dA: <https://descubrearduino.com/arduino-nano-pinout/>

DFROBOT. (2021). *AliExpress.com*. Obtenido de AliExpress.com: <https://www.dfrobot.com/>

Electronics. (2021). *Ktu*. Obtenido de Ktu: <http://electronicsconf.ktu.edu/index.php/elc>

- Electronics, U. (2021). *Electrónica Plett*. Obtenido de Electrónica Plett:  
<http://www.electronica.com.py/producto/modulo-esp32-devkit-v1-board-30p-con-wifi-y-bluetooth/>
- Engineering, O. (27 de 10 de 2011). *Digi-Key Ellectronics*. Obtenido de Colaboración de Electronic Products: <https://es.omega.com/>
- EUROINNOVA, B. S. (2019). Obtenido de <https://www.euroinnova.edu.es/blog/como-funcionan-las-bombas-de-agua#>
- Group, L. (Mayo de 2021). *Gases industriales Ecuador*. Obtenido de Gases industriales Ecuador:  
[http://www.linde.ec/es/processes/controlled\\_and\\_modified\\_atmospheres/oxygenation\\_in\\_aquaculture/index.html](http://www.linde.ec/es/processes/controlled_and_modified_atmospheres/oxygenation_in_aquaculture/index.html)
- Lemus, I. (20 de 08 de 2019). *CONOCIMIENTO LIBRE*. Obtenido de CONOCIMIENTO LIBRE: <https://conocimientolibre.mx/microcontrolador/>
- LLAMAS, L. (02 de Octubre de 2016). *Ingeniería, informática y diseño*. Obtenido de USAR UN TECLADO MATRICIAL CON ARDUINO:  
<https://www.luisllamas.es/arduino-teclado-matricial/>
- Martínez, E., & Campos, G. (2012). *Dialnet*. Obtenido de Dialnet:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3979972>
- Martínez, M. A. (31;04 de 07;08 de 2006). Obtenido de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- McNicoll, A., & Blendis, S. (10 de Junio de 2013). *Un robot puede ayudar al planeta con el creciente problema de desechos*. Obtenido de CNN:

<https://cnnespanol.cnn.com/2013/06/10/un-robot-puede-ayudar-al-planeta-con-el-creciente-problema-de-desechos/>

Munari, B. (1983). *wordpress.com*. Obtenido de *wordpress.com*:  
<https://aulasinjaula.files.wordpress.com/2013/12/comparativas-metodologc3adas.pdf>

Olmo, J. I. (2004). Obtenido de  
<http://platea.pntic.mec.es/~jalons3/4ESO/2elec/2siselectro.htm>

Ortiz, S. (17 de 02 de 2017). *entreParentesis.org*. Obtenido de Cultura Digital:  
[http://entrepentesis.org/prueba-y-error/\(pag 12\).\(pag 6\).\(pag 6, 7\)](http://entrepentesis.org/prueba-y-error/(pag%2012).(pag%206).(pag%206,%207)).

Pérez, J., & Gardey, A. (2010). *Definición.DE*. Obtenido de Definición de sensor:  
<https://definicion.de/sensor/>

Polar, F. (2007). *www.ivic.gob.ve*. Recuperado el 29 de 11 de 2019, de  
[http://www.ivic.gob.ve/micelaneos/memoria/bios/zambrano\\_luis.htm](http://www.ivic.gob.ve/micelaneos/memoria/bios/zambrano_luis.htm)

PONTY, M. (10 - 12 de 2010). *SciELO*. Obtenido de Ideas y Valores:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-00622010000300007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00622010000300007)

Ramos, X. (19 de Agosto de 2018). *El universo*. Obtenido de La era del robot se instala a paso lento en Ecuador:  
<https://www.eluniverso.com/noticias/2018/08/17/nota/6909632/era-robot-se-instala-paso-lento-ecuador>

Rivera, D., & Yopez, E. (04 de 2015). Obtenido de  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10328/1/UPS-GT001238.pdf>

- Robots, D. (08 de Julio de 2020). Obtenido de <http://robots-argentina.com.ar/didactica/modulos-de-rele-y-arduino-domotica-1/>
- Rodriguez, D. (2021). *lifeder*. Obtenido de lifeder: <https://www.lifeder.com/metodo-hermeneutico/>
- Shoptronica. (08 de Febrero de 2013). *PANAMAHITEK*. Obtenido de Uso de Pantalla LCD con Arduino: <https://www.shoptronica.com/>
- Sudamericano, I. S. (2013). Obtenido de <http://tecnologicosudamericano.edu.ec/Historica/>
- Tancara, L. C. (12 de 1993). *SciELO*. Obtenido de LA INVESTIGACION DOCUMENTAL:  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0040-29151993000100008](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29151993000100008)
- Turismo, M. d. (2016). *www.mincetur.gob.pe*. Recuperado el 29 de 11 de 2019, de [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio\\_exterior/plan\\_exportador/Penx\\_2025/PDM/brasil/Html5/data/images/files/pdf/pp1.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/plan_exportador/Penx_2025/PDM/brasil/Html5/data/images/files/pdf/pp1.pdf)
- Vildósola, E. (2008). *Soltex Chile S.A.* Obtenido de Soltex Chile S.A.: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>

## 14. Anexos

### 14.1. Certificado de aprobación.



VICERRECTORADO ACADÉMICO

---

Loja, 06 de julio del 2021  
Of. N° 144-V-ISTS-2021

Sr. Julio Fernando López Rogel  
Sr. Lerin Gonzalo Salazar Mayacu  
**ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA DEL ISTS**  
Ciudad

De mi consideración:

Por medio de la presente me dirijo a ustedes para comunicarles que una vez revisado el proyecto de investigación de fin de carrera de su autoría titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL – SEPTIEMBRE 2021"**, el mismo cumple con los lineamientos establecidos por la institución; por lo que se autoriza su realización y puesta en marcha, para lo cual se nombra como director de su proyecto de fin de carrera (el/la) Ing. Cesar Cristian Carrión Aguirre.

Particular que le hago conocer para los fines pertinentes.

Atentamente,

  
Ing. Germán Patricio Villamarín Coronel Mgs.  
**VICERRECTOR ACADÉMICO DEL ISTS**  
c/c. Estudiante, Archivo



---

Matriz: Miguel Riofrío 156-25 entre Sucre y Bolívar. Telfs: 07-2587258 / 07-2587210. Pagina Web:  
[www.tecnologicosudamericano.edu.ec](http://www.tecnologicosudamericano.edu.ec)

## 14.2. Autorización para la ejecución



INSTITUTO TECNOLÓGICO  
**SUDAMERICANO**  
*Hacemos gente de talento!*



**ELECTRÓNICA**  
TECNOLOGÍA SUPERIOR

Yo, Ing. Oscar Geovanny Jiménez con documento de identidad 1103571590, coordinador de la carrera de Electrónica del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja a petición verbal del interesado.

### **AUTORIZO**

A Julio Fernando López Rogel con cédula de identidad Nro. 1105050833, estudiante del sexto ciclo de la carrera de Electrónica del “Instituto Tecnológico Superior Sudamericano”; para que realice su proyecto de investigación de fin de carrera titulado: “DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021” para lo cual nos comprometemos en entregar a los estudiantes la información necesaria hasta que culmine dicho proceso.

Loja, 13 de septiembre de 2021

-----  
Ing. Oscar Jiménez

C.I. 1103571590

### 14.3. Autorización para la ejecución



INSTITUTO TECNOLÓGICO  
**SUDAMERICANO**  
*Hacemos gente de talento!*



**ELECTRÓNICA**  
TECNOLOGÍA SUPERIOR

Yo, Ing. Oscar Geovanny Jiménez con documento de identidad 1103571590, coordinador de la carrera de Electrónica del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja a petición verbal del interesado.

#### **AUTORIZO**

A Lenin Gonzalo Salazar Mayacu con cédula de identidad Nro. 1600439143, estudiante del sexto ciclo de la carrera de Electrónica del “Instituto Tecnológico Superior Sudamericano”; para que realice su proyecto de investigación de fin de carrera titulado: “DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021” para lo cual nos comprometemos en entregar a los estudiantes la información necesaria hasta que culmine dicho proceso.

Loja, 13 de septiembre de 2021

-----  
Ing. Oscar Jiménez

C.I. 1103571590

#### 14.4. Certificado de implementación



Loja, 13 de septiembre de 2021

Ing. César Cristian Carrión Aguirre

**TUTOR DEL SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA- ELECTRÓNICA**, a petición verbal por parte del interesado.

## ***CERTIFICO***

*ue el Sr Julio Fernando López Rogel con cédula 1105050833 ha venido trabajando en el Proyecto de fin de carrera titulado “DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021”; el mismo que se encuentra a la presente fecha en un 100% culminado según los requerimientos funcionales planteados. Lo certifico en honor a la verdad para los fines pertinentes y a solicitud del interesado.*

Ing. César Cristian Carrión Aguirre

**TUTOR SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA**

Semestre Abril 2021 – Septiembre 2021

## 14.5. Certificado de implementación



Loja, 13 de septiembre de 2021

Ing. César Cristian Carrión Aguirre

**TUTOR DEL SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA- ELECTRÓNICA**, a petición verbal por parte del interesado.

### ***CERTIFICO***

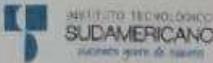
*Que el Sr Lenin Gonzalo Salazar Mayacu con cédula 1600439143 ha venido trabajando en el Proyecto de fin de carrera titulado “DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE OXIGENACIÓN PARA CRIADERO DE PECES HACIENDO USO DE CONTROLADOR EN EL PERÍODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2021”; el mismo que se encuentra a la presente fecha en un 100% culminado según los requerimientos funcionales planteados. Lo certifico en honor a la verdad para los fines pertinentes y a solicitud del interesado.*

Ing. César Cristian Carrión Aguirre

**TUTOR SEMINARIO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE FIN DE CARRERA**

Semestre Abril 2021 – Septiembre 2021

## 14.6. Certificado de aprobación del Abstract





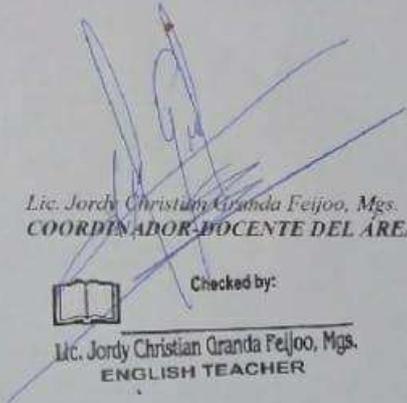
**CERTIF. N° 015-JG-ISTS-2021**  
 Loja, 05 de Octubre de 2021

*El suscrito, Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs., COORDINADOR-DOCENTE DEL ÁREA DE INGLÉS - CIS DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO "SUDAMERICANO", a petición de la parte interesada y en forma legal,*

**CERTIFICA:**

*Que el apartado **ABSTRACT** del Proyecto de Investigación de Fin de Carrera de los señores **LÓPEZ ROGEE JULIO FERNANDO** y **SALAZAR MAYACU LENIN GONZALO** estudiantes en proceso de titulación periodo Abril - Noviembre 2021 de la carrera de **ELECTRÓNICA**; está correctamente traducido, luego de haber ejecutado las correcciones emitidas por mí persona; por cuanto se autoriza la presentación dentro del empastado final previo a la disertación del proyecto.*

*Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes.*



*Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs.*  
**COORDINADOR-DOCENTE DEL ÁREA DE INGLÉS ISTS - CIS**


  
**Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs.**  
**ENGLISH TEACHER**

**English is a piece of cake!**

Matriz: Miguel Rofrio 156-26 entre Sucre y Bolívar

## 14.7. Presupuesto

Tabla 21 Presupuesto.

Material	Precio unitario	Unidades	Valor total
Bomba de agua de ½ HP	75.00	1	75.00
Contactador de 110V	18.00	1	18.00
Módulo relé de 2 canales	6.00	1	6.00
Arduino Nano	9.50	1	9.50
ESP32 Wi-Fi & Bluetooth MCU	15.00	1	15.00
Sensor de oxígeno de agua	280.00	1	280.00
Sensor de temperatura DS 18B20	6.00	1	6.00
Sensor de PH de agua	60.00	1	60.00
Componentes electrónicos	30.00	1	30.00
Pulsadores	2.00	4	8.00
Gabinete metálico	40.00	2	80.00
Tubería PVC con acoples	13.50	1	13.50
<b>Total, presupuesto</b>			<b>601.00</b>



## 14.9. Programación

### 14.9.1. Código Arduino

```

/*****Librerias*****/
#include <Chrono.h>
#include <EEPROM.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <EEPROM.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Arduino.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
Chrono sendChrono;
/***** Pines *****/
const int oxigenoPin = A3;
const int phPin = A2;
const int turbidezPin = A1;

int buzzer = 6;
int out = 11;
int LED = 13;
int bat = 12;

/***** Sensor de oxigeno *****/
#define VREF 5000 //VREF (mv)
#define ADC_RES 1024 //ADC Resolution

//Single-point calibration Mode=0
//Two-point calibration Mode=1
#define TWO_POINT_CALIBRATION 0

//Single point calibration needs to be filled CAL1_V and CAL1_T
#define CAL1_V (849) //mv
#define CAL1_T (19) //°C
//Two-point calibration needs to be filled CAL2_V and CAL2_T
//CAL1 High temperature point, CAL2 Low temperature point
#define CAL2_V (903) //mv

const uint16_t DO_Table[41] = {
  14460, 14220, 13820, 13440, 13090, 12740, 12420, 12110, 11810, 11530,
  11260, 11010, 10770, 10530, 10300, 10080, 9860, 9660, 9460, 9270,
  9080, 8900, 8730, 8570, 8410, 8250, 8110, 7960, 7820, 7690,
  7560, 7430, 7300, 7180, 7070, 6950, 6840, 6730, 6630, 6530, 6410};

uint8_t Temperatur;
uint16_t ADC_Raw;
uint16_t ADC_Voltage;
uint16_t DO;

int16_t readDO(uint32_t voltage_mv, uint8_t temperature_c)
{
  #if TWO_POINT_CALIBRATION == 0
    uint16_t V_saturation = (uint32_t)CAL1_V + (uint32_t)35 * temperature_c - (uint32_t)CAL1_T * 35;
    return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);
  #else
    uint16_t V_saturation = (int16_t)((int8_t)temperature_c - CAL2_T) * ((uint16_t)CAL1_V - CAL2_V) / ((uint8_t)CAL1_T - CAL2_T) + CAL2_V;
    return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);
  #endif
}

/***** Variables *****/
String dato;
float oxigeno = 0;
int ph = 0;
int turbidez = 0;
float temperatura = 0;
float sensorValue_turbidez=0;

String s_out_lcd = "Apagada";
int s_out = HIGH;
int set_oxigeno_min;
int set_oxigeno_max;
int add1 = 1;

```

```

#define S_HOME 0
#define S_SET 1
#define S_MANUAL 2
#define S_MODAL 3
#define S_SET_MIN 4

uint8_t estado = S_HOME;
/***** //Sensor de temperatura///// *****/
OneWire ourWire(A0);
DallasTemperature sensors(&ourWire);
/***** //CARACTERES///// *****/
byte abajo[8] = {
  B00000,
  B00000,
  B00100,
  B00100,
  B00100,
  B00100,
  B10101,
  B01010,
  B00100
};
byte arriba[8] = {
  B00100,
  B01010,
  B10101,
  B00100,
  B00100,
  B00100,
  B00000,
  B00000
};

/***** //SETUP///// *****/
void setup()
{
  pinMode(button[BTN_MENU], INPUT);
  pinMode(button[BTN_EXIT], INPUT);
  pinMode(button[BTN_UP], INPUT);
  pinMode(button[BTN_DOWN], INPUT);
  pinMode(out, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(bat, INPUT);

  sensors.begin();
  Serial.begin(9600);
  sendChrono.restart();

  button_estate[0] = LOW;
  button_estate[1] = LOW;
  button_estate[2] = LOW;
  button_estate[3] = LOW;

  EEPROM.get(add1, set_oxigeno_max);
  EEPROM.get(add2, set_oxigeno_min);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.createChar(0, abajo);
  lcd.createChar(1, arriba);

  printHome();
}
/***** //LECTURA DE BOTONES///// *****/
uint8_t flancoSubida(int btn) {
  uint8_t valor_nuevo = digitalRead(button[btn]);
  uint8_t result = button_estate[btn] != valor_nuevo && valor_nuevo == 1;
}

```

```

.
/***** //LOOP// */
void loop()
{
  lectura();
  if(aux_mod==1){
    automatico();
  }
  //////////////////////////////////////
  switch(estado){
    case S_HOME:
      if(flancoSubida(BTN_MENU)) {
        sonido(50);
        estado = S_MODO;
        printModo();
        break;
      }
      if(flancoSubida(BTN_EXIT)) {
        sonido(50);
        estado = S_HOME;
        printHome();
        break;
      }
      break;
    //////////////////////////////////////
    case S_MODO:
      if(flancoSubida(BTN_EXIT)) {
        sonido(50);
        estado = S_HOME;
        printHome();
        break;
      }
      if(flancoSubida(BTN_UP)) { //AUTOMATICO
        sonido(50);
        estado = S_SET;
      }
  }

/***** //FUNCIONES// */
void lectura() {

  estado_bat=digitalRead(bat);
  sensors.requestTemperatures();
  temperatura = sensors.getTempCByIndex(0);

  Temperaturet = temperatura;
  ADC_Raw = analogRead(oxigenoPin);
  ADC_Voltage = uint32_t(VREF) * ADC_Raw / ADC_RES;
  oxigeno = (readDO(ADC_Voltage, Temperaturet))/1000;
  ph = map(analogRead(phPin), 0, 34, 0, 14);
  sensorValue_turbidez = analogRead(turbidezPin);
  float x = sensorValue_turbidez * (5.0 / 1024.0);
  //turbidez = abs((-1120.4*x*x)+(5742.3*x)-4352.9);
  turbidez = map(sensorValue_turbidez, 0, 1024, 100, 0);

  if (sendChrono.hasPassed(1000) ){
    sendChrono.restart();
    if(estado == S_HOME){
      printHome();
    }
    Serial.print(oxigeno);
    Serial.print(',');
    Serial.print(ph);
    Serial.print(',');
    Serial.print(turbidez);
    Serial.print(',');
    Serial.print(temperatura);
    Serial.print(',');
    Serial.println(estado_bat);
  }
}

```

```

void sonido(int t){
    digitalWrite(buzzer,HIGH);
    delay(t);
    digitalWrite(buzzer,LOW);
}

void automatico(){

    if (oxigeno<set_oxigeno_min){
        s_out_lcd = "Encendida";
        digitalWrite(out, LOW);
    }
    else if (oxigeno>set_oxigeno_max){
        s_out_lcd = "Apagada";
        digitalWrite(out, HIGH);
    }
}
}

```

## 14.9.2. Código ESP32

```

|*****Librerias*****|
//define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Separador.h>
#include "ThingSpeak.h" // always include thingspeak header file after other header files and custom macros

WiFiClient client;

/** Token de autenticación Blynk App***/
char auth[] = "tkkWd7piQQHT4iMRUS3_kFSmHgo749DL";

/** Token de autenticación Thingspeak***/
unsigned long myChannelNumber = 1467905;
const char * myWriteAPIKey = "0XKO90JOP6WG51NR";

/** Credenciales WiFi. ***/
char ssid[] = "          ";
char pass[] = "          _   ";

/** Pines ***/
const int LED = 2;

/** Variables ***/
int keyIndex = 0;          // your network key Index number (needed only for WEP)

int oxigeno = 0;
int ph = 0;
int turbidez = 0;
int temperatura = 0;
String dato;
Separador s;

BlynkTimer timer;

```

```

void setup()
{
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(LED, HIGH);
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Conectado a");
  Serial.println(ssid);

  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  ThingSpeak.begin(client);
  timer.setInterval(1000L, sensorRead);
}
void sensorRead() {
  if(Serial.available())
  {
    dato = Serial.readString();
    //Serial.println(dato);

    String var1=s.separa(dato,',',0);
    String var2=s.separa(dato,',',1);
    String var3=s.separa(dato,',',2);
    String var4=s.separa(dato,',',3);
    String var5=s.separa(dato,',',4);

    int oxigeno=var1.toInt();
    int ph=var2.toInt();
    int turbidez =var3.toInt();
    int temperatura=var4.toInt();
    int estado=var4.toInt();

    Serial.print("O: ");Serial.print(oxigeno);
    Serial.print(" P: ");Serial.print(ph);
    Serial.print(" TU: ");Serial.print(turbidez);
    Serial.print(" T: ");Serial.println(temperatura);

    Blynk.virtualWrite(V0, oxigeno);
    Blynk.virtualWrite(V1, ph);
    Blynk.virtualWrite(V2, turbidez);
    Blynk.virtualWrite(V3, temperatura);
    Blynk.virtualWrite(V4, estado);

    ThingSpeak.setField(1, oxigeno);
    ThingSpeak.setField(2, ph);
    ThingSpeak.setField(3, turbidez);
    ThingSpeak.setField(4, temperatura);

    int x = ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);

    if(x == 200){
      Serial.println("Channel update successful.");
    }
    else{
      Serial.println("Problem updating channel. HTTP error code " + String(x));
    }
  }
}

void loop()
{
  Blynk.run();
  timer.run();
}

```

## 14.10. Datasheet

### 14.10.1. Bomba Paolo 1/2HP



## 14.10.2. Esp32

1 Overview

### 1.4.2 Clocks and Timers

- Internal 8 MHz oscillator with calibration
- Internal RTC oscillator with calibration
- External 2 MHz – 10 MHz crystal oscillator (10 MHz only for Wi-Fi/BT functionality)
- External 32.4 kHz crystal oscillator for RTC with calibration
- Two timer groups, including 2 x 64-bit timers and 1 x main watchdog in each group
- One RTC timer
- RTC watchdog

### 1.4.5 Advanced Peripheral Interfaces

- 0/1 x programmable GPIOs
- 12-bit SAR ADC up to 18 channels
- 2 x 8-bit DAC
- 10 x touch sensors
- 4 x SPI
- 2 x PS
- 2 x I2C
- 3 x UART
- 1 host (SD/MMC/SPI)
- 1 slave (SDIO/SPI)
- Ethernet MAC interface with dedicated DMA and IEEE 1588 support
- Two-Wire Automotive Interface (TWIN<sup>®</sup>, compatible with ISO11888-1)
- I<sup>2</sup>C (TWI)
- Motor PWM
- LED PWM up to 16 channels
- Hall sensor

### 1.4.4 Security

- Secure boot
- Flash encryption
- 1024-bit DTN up to 768-bit for customers
  - AES
  - Hash (SHA-2)

Espressif Systems

10

[Submit Documentation Feedback](#)

ESP32 Series Datasheet v3.1

1 Overview

- FGA
- ECC
- Random Number Generator (RNG)

### 1.5 Applications (A Non-exhaustive List)

- Generic Low-power IoT Sensor Hub
  - Agriculture robotics
- Generic Low-power IoT Data Loggers
- Cameras for Video Streaming
- Over-the-top (OTT) Devices
- Speech Recognition
- Image Recognition
- Mesh Networks
- Home Automation
  - Light control
  - Smart plugs
  - Smart door locks
- Smart Building
  - Smart lighting
  - Energy monitoring
- Industrial Automation
  - Industrial wireless control
  - Industrial robotics
- Smart Agriculture
  - Smart greenhouses
  - Smart irrigation
- Audio Applications
  - Internet music players
  - Live streaming devices
  - Internet radio players
  - Audio headsets
- Health Care Applications
  - Health monitoring
  - Baby monitors
- Wi-Fi-enabled Toys
  - Remote control toys
  - Proximity sensing toys
  - Educational toys
- Wearable Electronics
  - Smart watches
  - Smart bracelets
- Retail & Catering Applications
  - POS machines
  - Service robots

Espressif Systems

11

[Submit Documentation Feedback](#)

ESP32 Series Datasheet v3.1

## 1 Overview

ESP32 is a single 2.4 GHz Wi-Fi and Bluetooth combo chip designed with the TSMC ultra-low-power 40 nm technology. It is designed to achieve the best power and RF performance, ensuring robustness, versatility and reliability in a wide variety of applications and power scenarios.

The ESP32 series of chips includes ESP32-D0WD-V0, ESP32-D0WDQ6-V0, ESP32-D0WDQ6-V0L, ESP32-D0WDQ6-V0L1, ESP32-D0WDQ6-V0L2, ESP32-D0WDQ6-V0L3, ESP32-D0WDQ6-V0L4, ESP32-D0WDQ6-V0L5, ESP32-D0WDQ6-V0L6, ESP32-D0WDQ6-V0L7, ESP32-D0WDQ6-V0L8, ESP32-D0WDQ6-V0L9, ESP32-D0WDQ6-V0L10, ESP32-D0WDQ6-V0L11, ESP32-D0WDQ6-V0L12, ESP32-D0WDQ6-V0L13, ESP32-D0WDQ6-V0L14, ESP32-D0WDQ6-V0L15, ESP32-D0WDQ6-V0L16, ESP32-D0WDQ6-V0L17, ESP32-D0WDQ6-V0L18, ESP32-D0WDQ6-V0L19, ESP32-D0WDQ6-V0L20, ESP32-D0WDQ6-V0L21, ESP32-D0WDQ6-V0L22, ESP32-D0WDQ6-V0L23, ESP32-D0WDQ6-V0L24, ESP32-D0WDQ6-V0L25, ESP32-D0WDQ6-V0L26, ESP32-D0WDQ6-V0L27, ESP32-D0WDQ6-V0L28, ESP32-D0WDQ6-V0L29, ESP32-D0WDQ6-V0L30, ESP32-D0WDQ6-V0L31, ESP32-D0WDQ6-V0L32, ESP32-D0WDQ6-V0L33, ESP32-D0WDQ6-V0L34, ESP32-D0WDQ6-V0L35, ESP32-D0WDQ6-V0L36, ESP32-D0WDQ6-V0L37, ESP32-D0WDQ6-V0L38, ESP32-D0WDQ6-V0L39, ESP32-D0WDQ6-V0L40, ESP32-D0WDQ6-V0L41, ESP32-D0WDQ6-V0L42, ESP32-D0WDQ6-V0L43, ESP32-D0WDQ6-V0L44, ESP32-D0WDQ6-V0L45, ESP32-D0WDQ6-V0L46, ESP32-D0WDQ6-V0L47, ESP32-D0WDQ6-V0L48, ESP32-D0WDQ6-V0L49, ESP32-D0WDQ6-V0L50, ESP32-D0WDQ6-V0L51, ESP32-D0WDQ6-V0L52, ESP32-D0WDQ6-V0L53, ESP32-D0WDQ6-V0L54, ESP32-D0WDQ6-V0L55, ESP32-D0WDQ6-V0L56, ESP32-D0WDQ6-V0L57, ESP32-D0WDQ6-V0L58, ESP32-D0WDQ6-V0L59, ESP32-D0WDQ6-V0L60, ESP32-D0WDQ6-V0L61, ESP32-D0WDQ6-V0L62, ESP32-D0WDQ6-V0L63, ESP32-D0WDQ6-V0L64, ESP32-D0WDQ6-V0L65, ESP32-D0WDQ6-V0L66, ESP32-D0WDQ6-V0L67, ESP32-D0WDQ6-V0L68, ESP32-D0WDQ6-V0L69, ESP32-D0WDQ6-V0L70, ESP32-D0WDQ6-V0L71, ESP32-D0WDQ6-V0L72, ESP32-D0WDQ6-V0L73, ESP32-D0WDQ6-V0L74, ESP32-D0WDQ6-V0L75, ESP32-D0WDQ6-V0L76, ESP32-D0WDQ6-V0L77, ESP32-D0WDQ6-V0L78, ESP32-D0WDQ6-V0L79, ESP32-D0WDQ6-V0L80, ESP32-D0WDQ6-V0L81, ESP32-D0WDQ6-V0L82, ESP32-D0WDQ6-V0L83, ESP32-D0WDQ6-V0L84, ESP32-D0WDQ6-V0L85, ESP32-D0WDQ6-V0L86, ESP32-D0WDQ6-V0L87, ESP32-D0WDQ6-V0L88, ESP32-D0WDQ6-V0L89, ESP32-D0WDQ6-V0L90, ESP32-D0WDQ6-V0L91, ESP32-D0WDQ6-V0L92, ESP32-D0WDQ6-V0L93, ESP32-D0WDQ6-V0L94, ESP32-D0WDQ6-V0L95, ESP32-D0WDQ6-V0L96, ESP32-D0WDQ6-V0L97, ESP32-D0WDQ6-V0L98, ESP32-D0WDQ6-V0L99, ESP32-D0WDQ6-V0L100.

For details on part numbers and ordering information, please refer to Section 7.

For details on ECO V0 instructions, please refer to [ESP32 ECO V0 User Guide](#).

### 1.1 Featured Solutions

#### 1.1.1 Ultra-Low-Power Solution

ESP32 is designed for mobile, wearable electronics, and Internet-of-Things (IoT) applications. It features all the state-of-the-art characteristics of low-power chips, including fine-grained clock-gating, multiple power modes, and dynamic power scaling. For instance, in a low-power IoT sensor hub application scenario, ESP32 is woken up periodically and only when a specified condition is detected. Low-duty cycle is used to minimize the amount of energy that the chip expends. The output of the power amplifier is also adjustable, thus contributing to an optimal trade-off between communication range, data rate and power consumption.

**Note**  
For more information, refer to Section 3.7.4 [RFIC and LPA Power Management](#).

#### 1.1.2 Complete Integration Solution

ESP32 is a highly-integrated solution for Wi-Fi and Bluetooth IoT applications, with around 20 external components. ESP32 integrates an antenna switch, RF balun, power amplifier, low-noise receive amplifier, filters, and power management modules. As such, the entire solution occupies minimal Printed Circuit Board (PCB) area.

ESP32 uses CMOS for single-chip fully-integrated radio and baseband, while also integrating advanced calibration circuits that allow the solution to remove external circuit imperfections or adjust to changes in external conditions. As such, the mass production of ESP32 solutions does not require expensive and specialized Wi-Fi testing equipment.

### 1.2 Wi-Fi Key Features

- 802.11 b/g/n
- 802.11n (2.4 GHz), up to 150 Mbps
- WMM
- TXRX A-MPDU, RLA-MSDU
- Immediate Block ACK

- Diversification
- Automatic Beacon monitoring (hardware TSF)
- 4 x virtual Wi-Fi interfaces
- Simultaneous support for Infrastructure Station, SoftAP and Promiscuous mode  
Note that when ESP32 is in Station mode, performing a scan, the SoftAP channel will be changed.
- Antenna diversity

**Note**  
For more information, please refer to Section 3.5 [Wi-Fi](#).

### 1.3 BT Key Features

- Compliant with Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specifications
- Class-1, class-2 and class-3 transmitter without external power amplifier
- Enhanced Power Control
- +12 dBm transmitting power
- NDP receiver with -84 dBm BLE sensitivity
- Adaptive Frequency Hopping (AFH)
- Standard HCI based on SDC/SPLUART
- High-speed UART HCI, up to 4 Mbps
- Bluetooth v4.2 BR/EDR BLE dual mode controller
- Synchronous Connection-Oriented/Extended (SCO/SCO2)
- CVSD and SBC for audio codec
- Bluetooth Floarad and Scalarmat
- Multi-connections in Classic BT and BLE
- Simultaneous advertising and scanning

### 1.4 MCU and Advanced Features

#### 1.4.1 CPU and Memory

- Xtensa® single/dual-core 32-bit LX6 microprocessor(s), up to 600 MIPS (200 MIPS for ESP32-D0WD/ESP32-U0WDH)
- 448 KB ROM
- 520 KB SRAM
- 16 KB SRAM in RTC
- QSPI supports multiple flash/GRAM chips

## 1.6 Block Diagram

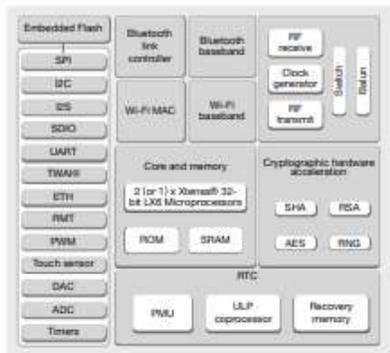


Figure 1: Functional Block Diagram

**Note**  
Products in the ESP32 series differ from each other in terms of their support for embedded flash and the number of CPUs they have. For details, please refer to Section 7 [Pin Number and Ordering Information](#).

## 2 Pin Definitions

### 2.1 Pin Layout

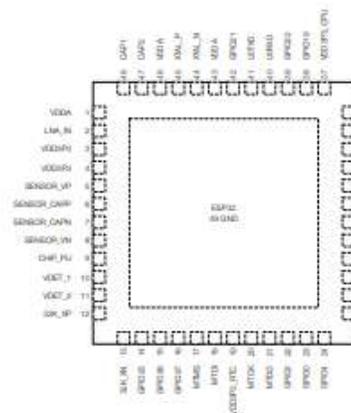
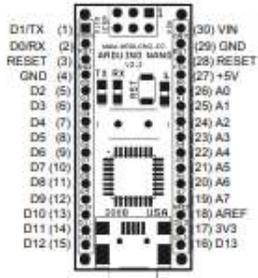


Figure 2: ESP32 Pin Layout (QFN 6\*6, Top View)

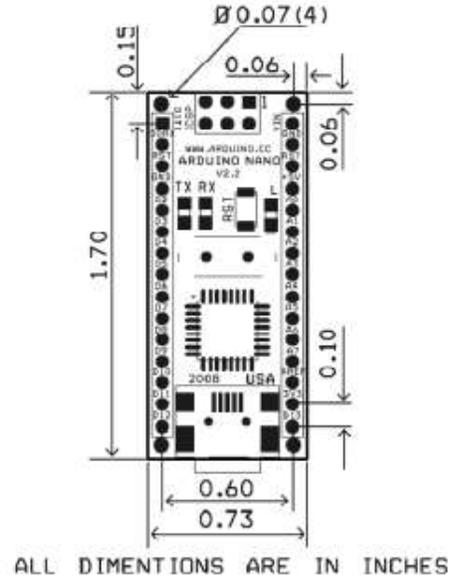
### 14.10.3. Arduino nano

**Arduino Nano Pin Layout**



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-15	DD-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-25	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V input from external power supply
30	VIN	PWR	Supply voltage

**Arduino Nano Mechanical Drawing**



**Arduino Nano Bill of Material**

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic N0P/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONsemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digkey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digkey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-07680RL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digkey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150qf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Cmrron	5W1020CT-ND	Digkey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins SSOP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Crystal, 16MHz +/- 20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser

