

Área de Conocimiento de Tecnología de la
Información y Comunicación

Implementación de prototipo para control de alimentación y monitoreo de estanque artesanal utilizado para la crianza y reproducción de peces ornamentales en criadero FOX ubicado en la comunidad de Niquinohomo, Masaya.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniería Electrónica

Elaborado por:

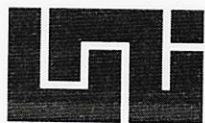
Br. Norwin David
Sáenz Ortiz
Carnet: 2012-41981

Br. Harnefer Isaías
Velazquez Bolaños
Carnet: 2012-41764

Br. Pablo De Jesús
Torres Rivas
Carnet: 2012-41788

Tutor:

MSc. Fernando
Flores Guido



Área de Conocimiento de
Tecnología de la Información
y Comunicación

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA


El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

SAENZ ORTIZ NORWIN DAVID

Carné: **2012-41981** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **97-15** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2018 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y uno días del mes de enero del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,


HAZZELY DEL CARMEN OROZCO MIRANDA
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



📞 Móvil: (505) 8588 8333

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595

🌐 www.uni.edu.ni



Área de Conocimiento de
Tecnología de la Información
y Comunicación

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

VELAZQUEZ BOLAÑOS HARNEFER ISAIAS

Carné: **2012-41764** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **97-15** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2018 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y uno días del mes de enero del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,


HAZZELY DEL CARMEN OROZCO MIRANDA
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

 Móvil: (505) 8588 8333

 Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595

 www.uni.edu.ni



Área de Conocimiento de
Tecnología de la Información
y Comunicación

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

TORRES RIVAS PABLO DE JESUS

Carné: **2012-41788** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **97-15** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2016 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y uno días del mes de enero del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,


HAZZELY DEL CARMEN OROZCO MIRANDA
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



☎ Móvil: (505) 8588 8333



Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595



www.uni.edu.ni

Managua, 10 de febrero de 2025

MSc. Claudia Lucía Benavidez Rugama

Directora AC-TIC

Sus manos.

Estimada Maestra Benavidez:

Reciba cordiales saludos y deseos de éxitos en el desempeño de sus funciones.


El motivo de la presente es para solicitarle sus atentas gestiones para llevar a cabo el proceso de defensa para la monografía que actualmente estoy como tutor con el tema: **“Implementación de prototipo para control de alimentación y monitoreo de estanque artesanal utilizado para la crianza y reproducción de peces ornamentales en criadero FOX ubicado en la comunidad de Niquinohomo, Masaya.”**, presentado por los Bachilleres:

- Br. Harnefer Isaías Velazquez Bolaños Carné: 2012-41764
- Br. Norwin David Sáenz Ortiz Carné: 2012-41981
- Br. Pablo de Jesús Torres Rivas Carné: 2012-41788

Según revisión del informe final, los bachilleres están listos para la presentación de su trabajo en este proceso de defensa.

Agradezco de ante mano de su atención a la presente comunicación, me despido enviándole cordial saludo.

Atentamente.


MSc. Fernando Flores Guido
Tutor del trabajo monográfico

Cc.:

/*Archivo



Decanatura | FEC

Universidad Nacional de Ingeniería
Recinto Universitario "Simón Bolívar"
Facultad de Electrotecnia y Computación

Decanatura
DF-05-2023-19

Managua, 08 de mayo del 2023.

Bachilleres.

Norwin David Sáenz Ortiz	2012-41981.
Harnefer Isaías Velázquez Bolaños	2012-41764.
Pablo de Jesús Torres Rivas	2012-41788.

Egresados de la Carrera de Ingeniería Electrónica.

Estimados Bachilleres:

El suscrito Decano de la Facultad de Electrotecnia y Computación, a través de la presente autoriza de manera formal la inscripción de la Monografía Titulada **"IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO PARA CONTROL DE ALIMENTACIÓN Y MONITOREO DE ESTANQUE ARTESANAL UTILIZANDO PARA LA CRIANZA Y REPRODUCCIÓN DE PECES ORNAMENTALES EN CRIADERO FOX UBICADO EN LA COMUNIDAD DE NIQUINOMO, MASAYA"**. Para optar al Título de Ingeniero Electrónico, para tal efecto se nombra como Tutor de la Monografía al **Ing. Juan Martínez**.

Así mismo le solicito proceda a la **Inscripción de dicho Tema Monográfico** en secretaria Académica de la facultad, con la finalidad de darle control y seguimiento, de acuerdo a los reglamentos establecidos.

Se les recuerda que, según la normativa para los trabajos monográficos, a partir de la fecha de inscripción tiene 12 meses para defender dicho trabajo.

Sin más a que referirme y deseándoles mucho éxito en la culminación de esta etapa, me despido.

Atentamente



Msc. Augusto César Palacios Rodríguez
Decano UNI-FEC

C/c: Ing. María Lourdes Montes.
Ing. Juan Martínez Toribio.
Ing. Juan Martínez Toribio.
Archivo.

Secretaria Académica.
Jefe de Dpto. de Electrónica.
Tutor.

☎ Teléfono: (505) 2270 5126

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo. 5595

✉ augusto.palacios@fec.uni.edu.ni
www.fec.uni.edu.ni



Managua, 28 de enero 2025

Br. Norwin David Sáenz Ortiz 2012-41981
Br. Hamefer Isaías Velásquez Bolaños 2012-41764
Br. Pablo de Jesús Torres Rivas 2012-41788
Egresados Programa académico Ingeniería Electrónica
Sus manos. -

Estimados Bachilleres:

Reciban cordiales saludos y éxito en sus actividades.

De acuerdo a carta recibida con fecha 23 de enero del presente año, en donde hacen solicitud de corrección del tema monográfico titulado: **“Implementación de prototipo para control de alimentación y monitoreo de estanque artesanal utilizando para la crianza y reproducción de peces ornamentales en criadero FOX ubicado en la comunidad de Niquinomo, Masaya”** en las palabras “utilizando” y “Niquinomo”, tomando en consideración las justificaciones expuestas en la misma, tengo a bien comunicarles que se les autoriza dicha corrección quedando el tema de trabajo monográfico a: **“Implementación de prototipo para control de alimentación y monitoreo de estanque artesanal utilizado para la crianza y reproducción de peces ornamentales en criadero FOX ubicado en la comunidad de Niquinohomo, Masaya”**,

No omito manifestar que la entrega del documento del trabajo monográfico deberá realizarse a más tardar el **31 de enero 2025**.

Esperando el cumplimiento con respecto al tiempo solicitado, les reitero mis saludos.

Atentamente,



Msc. Claudia Lucía Benavidez Rugama
Directora Área de Conocimiento de
Tecnología de la Información y Comunicación

CC MSc. Fernando Flores Guido– Tutor
MSc. Hazzely Orozco Miranda – Secretaria académica.
Archivo.





Managua, 5 de noviembre 2024

Br. Harnefer Isaías Velázquez Bolaños 2012-41764
Br. Norwin David Sáenz Ortiz 2012-41981
Br. Pablo de Jesús Torres Rivas 2012-41788
Egresados Programa académico Ingeniería Electrónica

Sus manos.-

Estimados Bachilleres:

Reciban cordiales saludos y éxito en sus actividades.

De acuerdo a carta recibida con fecha 05 de noviembre, en donde hacen solicitud de cambio de tutor del tema monográfico titulado: **“Implementación de prototipo para control de alimentación y monitoreo de estanque ornamental utilizando para la crianza y reproducción de peces ornamentales en criadero Fox ubicado en la comunidad de Niquinomo Masaya”**, tomando en consideración las justificaciones expuestas en la misma, tengo a bien comunicarles que se les autoriza dicho cambio, nombrando como Tutor al **Msc. Fernando Antonio Flores Guido** para dar continuidad con el proceso de su trabajo monográfico.

Esperando el cumplimiento con respecto al tiempo establecido, les reitero mis saludos.

Atentamente,



Msc. Claudia Lucía Benavidez Rugama
Directora Área de Conocimiento de
Tecnología de la Información y Comunicación



CC Msc. Fernando Antonio Flores Guido – Tutor
MSc. Cedrick Elksnherr Dalla Torre Parrales – Secretario académico.
Archivo.



AGRADECIMIENTO

Dedicatoria

En primer lugar, quisiera expresar mi especial agradecimiento a mis padres por su comprensión, aliento y apoyo constante en mi desarrollo personal y educativo. Sin su respaldo desde el inicio, este logro no hubiera sido posible.

A mi esposa, por sus estimulantes discusiones y el apoyo emocional que me ha brindado en los momentos de mayor desafío. Su comprensión y paciencia han sido cruciales para mantenerme enfocado y motivado a lo largo de este proceso.

A mis hijos, por ser mi motor, mi inspiración y mi mayor fuente de alegría durante este viaje académico. Su amor incondicional y su paciencia han sido fundamentales para mantenerme firme y determinado. Cada sonrisa y cada gesto de apoyo han sido una fuente constante de fortaleza. Este éxito también es suyo.

Un sincero agradecimiento a nuestro tutor de tesis, Ing. Juan Manuel Martínez Toribio, por su invaluable orientación, paciencia y apoyo a lo largo de este proyecto. Su experiencia y conocimiento han sido esenciales para el desarrollo de esta investigación.

También deseo agradecer a mis colegas y compañeros de estudio. Su camaradería ha hecho el proceso mucho más enriquecedor y ameno.

Finalmente, deseo extender mi gratitud a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a la realización de este trabajo. Cada aporte, por pequeño que haya sido, ha tenido un impacto significativo en el desarrollo de esta tesis.

Norwin Sáenz

Dedicatoria

Primero y ante todo, agradezco a Dios, por guiarme y darme la fortaleza necesaria para completar este proyecto. Su guía y sabiduría han sido mi soporte constante en cada etapa de este viaje.

A mis padres, por ser mi guía y apoyo incondicional durante todo el camino universitario, y a mi esposa e hija, por su paciencia, comprensión y amor incondicional. Ambos fueron mi motor en los momentos más difíciles, brindándome el refugio y la inspiración necesarios para seguir adelante. Su fe en mí y su constante apoyo me impulsaron a no rendirme y a alcanzar mis metas.

A mis compañeros de grupo de tesis, por su compañerismo, esfuerzo compartido y compromiso inquebrantable. Juntos superamos desafíos y aprendimos valiosas lecciones, demostrando que el trabajo en equipo siempre da frutos.

A mi jefe, compañeros de trabajo y amigos más cercanos, por su invaluable apoyo y comprensión durante el desarrollo de este proyecto. Su flexibilidad, al igual que su respaldo constante, han sido esenciales para alcanzar este objetivo. Agradezco especialmente a todos aquellos que, con su colaboración y amistad, han sido parte fundamental de este aprendizaje y de las nuevas experiencias que me ha brindado mi etapa como profesional.

Finalmente, expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad por brindarme el entorno y los recursos necesarios para explorar y desarrollar mis habilidades. Este logro no solo es el resultado de mi esfuerzo, sino también de la contribución invaluable de todos aquellos que han sido parte de mi formación. En especial, deseo agradecer a mi tutor por su orientación experta, apoyo continuo y paciencia durante todo el proceso. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para alcanzar este objetivo.

Harnefer Velazquez

Dedicatoria

A mis queridos padres, cuya inquebrantable fe y apoyo han sido mi mayor fuente de fortaleza a lo largo de este viaje académico. Su sacrificio y amor constante han sido los pilares sobre los cuales he construido mis sueños.

A mis maestros, quienes, con su sabiduría y dedicación, han iluminado mi camino y guiado cada paso hacia el conocimiento. Su influencia ha sido fundamental en la formación de mi pensamiento y carácter.

A mis hermanos, cuyo compañerismo y aliento han sido el faro en los momentos de duda y desafío. Su apoyo ha hecho que cada logro sea aún más especial.

A mis compañeros de estudio, con quienes he compartido horas de esfuerzo y colaboración. Juntos, hemos enfrentado retos y celebrados triunfos, creando recuerdos y amistades que perdurarán más allá de estos años.

A mis jefes y colegas en el ámbito laboral, quienes han contribuido con su experiencia y orientación práctica a mi desarrollo profesional. Su confianza en mis habilidades ha sido una motivación constante.

A mi familia extendida, que ha estado siempre presente, brindando amor y apoyo incondicional. Su aliento ha sido crucial para alcanzar este logro.

Y a Ti, Divina Presencia, que has guiado mis pasos y proporcionada fuerza en los momentos más difíciles. Tu sabiduría y benevolencia han sido mi constante inspiración.

Finalmente, a la Universidad, por ofrecerme el escenario y los recursos para explorar y desarrollar mis habilidades. Este logro es tanto mío como de todos quienes han contribuido a mi formación.

Con sincero agradecimiento y profundo respeto.

Pablo Torres

RESUMEN

La acuicultura y la acuariofilia desempeñan un papel crucial en la conservación y la producción sostenible de organismos acuáticos, reduciendo la presión sobre las especies en su entorno natural.

Este estudio se centra en resolver los desafíos enfrentados por el criadero FOX en Niquinohomo, Masaya, mediante la implementación de un sistema de control automatizado. El objetivo general es desarrollar un prototipo de control para la rutina de alimentación y monitoreo de variables en un estanque artesanal de crianza y reproducción de peces ornamentales.

Los objetivos específicos incluyen la automatización del proceso de alimentación para garantizar un crecimiento óptimo, la estimación y monitorización de variables como temperatura, pH y volumen de agua para prevenir enfermedades, y la utilización de tecnología GSM para recibir alertas y responder rápidamente a cualquier incidencia. Este enfoque busca mejorar la calidad del cuidado de los peces, mitigando la falta de pericia y dedicación del personal, y optimizando la producción del criadero.

ÍNDICE

1.	Introducción	1
2.	Antecedentes	3
3.	Justificación	5
4.	Objetivos	6
4.1	Objetivo General.....	6
4.2	Objetivos Específicos	6
5.	Marco teórico	7
5.1	Conceptos generales	7
5.1.1	Acuicultura.....	7
5.1.2	Acuariofilia.....	7
5.1.3	Estanque artesanal.....	7
5.1.4	Calidad de agua.....	7
5.2	Peces de agua dulce criados en el estanque modelo	8
5.2.1	Pez ángel o pez escalar	8
5.2.2	Pez tetra monja	8
5.2.3	Pez dorado	8
5.3	Especificaciones del sistema.....	9
5.3.1	La tecnología de partida: Arduino	9
5.3.2	La tecnología para la monitorización: Blynk IoT	10
5.3.2.1	Introducción a Blynk IoT	10
5.3.2.2	Aplicaciones de Blynk IoT	11
5.3.3	Parámetros de Interés a monitorear	14
5.3.3.1	Grado de acidez (pH)	15
5.3.3.2	Temperatura del Agua	16
5.3.3.3	Nivel de Agua	16
5.3.4	Actuadores de Interés a implementar.....	17
5.3.4.1	Sistema de relleno de agua automático	17
5.3.4.2	Sistema alimentación de peces	18
5.3.5	Protocolos de comunicación	18
5.3.5.1	Comunicación por puerto serial	18
5.3.5.2	Comunicación GSM/GPRS	19

5.3.5.3	Comunicación I2C	21
5.3.5.4	Comunicación 1-WIRE	22
6.	Diseño metodológico	22
6.1	Método de Investigación.....	22
6.1.1	Etapa de análisis	23
6.1.1.1	Dimensiones del estanque	23
6.1.1.2	Parámetros ambientales de los peces	24
6.1.2	Etapa de diseño	25
6.1.2.1	Selección de componentes	25
6.1.2.2	Diseño de mecanismo dispensador de alimento	26
6.1.2.3	Diagrama de bloques del sistema.....	29
6.1.3	Etapa de desarrollo	29
6.1.3.1	Montaje de Arduino Mega.....	30
6.1.3.1.1	Pinout.....	30
6.1.3.1.2	Diagrama Esquemático.....	30
6.1.3.2	Conversión y acondicionamiento de las señales.....	31
6.1.3.2.1	Módulo A4988.....	31
6.1.3.2.2	Sensor de Temperatura DS18B20.....	36
6.1.3.2.3	Sensor de pH PH4502C.....	41
6.1.3.2.4	Sensor de nivel de Agua (Ultrasónico JSN-SR04T)	45
6.1.3.3	Descripción del código Arduino Mega.....	48
6.1.3.4	Lenguaje de programación.	49
6.1.3.5	Desarrollo del código Arduino Mega.....	51
6.1.3.5.1	Encabezado y definiciones del código.....	51
6.1.3.5.2	Librerías Arduino.	53
6.1.3.5.3	Variables globales y Objetos.	53
6.1.3.5.4	Funcion ´Setup ()´.....	54
6.1.3.5.5	Funcion ´Void Loop ()´.....	56
6.1.3.6	Plataforma Blynk.....	57
6.1.3.6.1	Configuración inicial.....	57
6.1.3.6.2	Creación del proyecto y Diseño de la Interfaz Visual	57
6.1.3.6.3	Comunicación entre Blynk IoT y Arduino.	60
6.1.4	Etapa de implementación	60

6.1.4.1	Instalación de sensores y actuadores.....	60
6.1.4.2	Validación y Ajustes	61
6.1.5	Etapa de Evaluación.....	62
7	Análisis y presentación de resultados	62
7.1	Prueba de volumen de agua.....	62
7.2	Prueba comunicación arduino /sim900/ Blynk IoT	63
7.3	Prueba de monitoreo de temperatura y PH.....	64
7.4	Pruebas del alimentador de peces.....	64
7.5	Costos generales del prototipo.....	65
8	Conclusión.....	67
9	Recomendaciones.....	68
	Bibliografía	69

ÍNDICE ANEXOS

ANEXO A. Diagrama de conexiones.....	72
ANEXO B. Escala de pH	72
ANEXO C. Sensor de Temperatura DS18B20	73
ANEXO D. Sensor de pH PH-4502C + Electrodo E201	73
ANEXO E. Sensor Ultrasónico JSN-SR04T.....	74
ANEXO F. Modulo Relay 5V	74
ANEXO G. Electroválvula Normalmente Cerrada 12V, 1/2"	75
ANEXO H. Motor Paso a Paso y Driver A4988.....	75
ANEXO I. Modulo GSM SIM900	76
ANEXO J. Proceso de armado del sistema inicial.....	76
ANEXO K. Diseño del alimentador de peces	77
ANEXO L. Pruebas de parámetros del estanque	78
ANEXO M. Montaje final del prototipo.....	79
ANEXO N. Instalación de prototipo en el criadero.....	80

1. Introducción

La acuicultura, según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), es una actividad dirigida a producir y desarrollar organismos acuáticos en su medio, también se define como el cultivo en condiciones controladas de especies que se desarrollan en el medio acuático (peces, moluscos, crustáceos y plantas) y que son útiles para el hombre para alimentación, ornamento (acuariofilia).

La acuariofilia tiene una gran importancia ecológica ya que esta promueve la crianza en cautividad de los reproductores, así como el suministro de peces a comerciantes nacionales, reduciendo la presión sobre las especies en los ecosistemas naturales. Los animales producidos en cautiverio resultan más sanos y con mayor resistencia reduciendo así los riesgos de propagación de enfermedades, adicional el establecimiento de criaderos en los últimos años se ha convertido en una actividad comercial muy atractiva a nivel nacional, a raíz del crecimiento de pequeños emprendimientos y tomando en cuenta los importantes ingresos generados por la venta de estas especies.

En este trabajo se tiene como objetivo resolver la problemática que actualmente se presenta en el criadero FOX ubicado en el municipio de Niquinohomo, Masaya, aplicando los conocimientos adquiridos en nuestra formación académica en temas de automatización y control aplicado con el fin de garantizar la calidad del agua y controlar diversas variables que influyen en el desarrollo y crecimiento de los peces, y que estas especies puedan ser criadas lo más cercano a su entorno natural, mitigando la falta de

pericia y dedicación de la persona encargada de cuidar la finca la cual conlleva atrasos en la rutina de alimentación adecuada que debe ser cumplida a cabalidad.

En el presente documento en la sección de antecedentes se aborda información de estudios previos significativos y relevantes que darán la pauta a resolver la problemática que se está investigando. En el apartado de justificación se exponen las razones, argumentos e importancia que llevaron al desarrollo del proyecto con el fin de dar una solución, seguido se exponen los objetivos y en el marco teórico se muestra un sustento válido del porqué la elección de realizar un diseño e implementación de un sistema de control automático, de igual manera se refuerza las bases teóricas de la solución que se propone.

2. Antecedentes

Actualmente no se encuentran trabajos monográficos previos en los repositorios de la Facultad de Electrotecnia y Computación de la universidad nacional de ingeniería, referentes al tema de estudio.

A nivel nacional se encuentran trabajos relacionados de manera general al tema de la acuicultura, como la tesis *“Situación de la producción de peces de la región norte de Nicaragua en el II Semestre del 2015”*, cuyo objetivo fue analizar la situación de la producción de peces en la región norte de Nicaragua. Dicha investigación permitió plantear alternativas que fomentan dicha actividad productiva a pequeña y mediana escala, además de facilitar recomendaciones para mejorar la organización de los procesos productivos e implementar tecnologías para mejorar la efectividad en la producción (Calderón Amador, Toruño Luna, & Páramo Guillen, 2016).

En el año 2021, la tesis titulada *Comparación del rendimiento productivo de dos sistemas de cultivos de Tilapia roja (Oreochromis sp). Un sistema acuapónico vs un sistema de cultivo convencional de febrero a abril 2021* tuvo como objetivo comparar cuál de los dos sistemas de cultivo de Tilapia roja obtendría un mayor rendimiento productivo. Este estudio permitió llegar a la conclusión de que el sistema acuapónico, según los parámetros evaluados, fue el que arrojó el mejor resultado (Martínez Zamora & Valle Zúniga, 2021).

A nivel internacional, se recopilaron investigaciones con relación directa al tema monográfico. En el año 2015, la tesis titulada *Control y monitorización de un acuario en tiempo real mediante tecnología open source* tuvo como objetivo desarrollar un sistema electrónico basado en el proyecto Open Aquarium que integrara la plataforma Raspberry Pi para monitorizar y controlar la información necesaria, recibida por diferentes sensores, para el mantenimiento de acuarios. Esto permitió que el conjunto de la placa Open Aquarium trabajando con Arduino en colaboración con Raspberry Pi formara un sistema de altas prestaciones, muy completo, fiable y flexible. Junto al precio competitivo y la

facilidad de uso, esto permitirá llegar a un gran número de usuarios (Lapuente Solórzano, 2014).

En el año 2019, la tesis titulada *Monitoreo y control de un estanque para reproducción piscícola* tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema automatizado para monitorear y controlar las condiciones físicas necesarias en estanques artificiales, con el fin de obtener un cambio cualitativo y cuantitativo en el proceso de reproducción y cría de especies de peces aptas para el consumo humano. Se realizó un estudio previo del funcionamiento tradicional de estos estanques para comprender sus interacciones con el ambiente y establecer las necesidades óptimas del sistema. Se propuso un sistema que utiliza nodos de punto a punto y una red WSN de tipo mesh para obtener mediciones precisas con un error mínimo del $\pm 5\%$. Este sistema permitió un control óptimo de las variables fisicoquímicas en los estanques, favoreciendo la cría y reproducción de peces según las distintas especies (Hoyos Velandia, 2019).

3. Justificación

Los sistemas de monitoreo, automatización y control han llegado a formar parte sustancial en los procesos en el que el factor humano tiende a cometer errores, gracias a ello se han realizado invenciones tecnológicas como microcontroladores, sensores y actuadores que en conjunto facilitan las tareas cotidianas de nuestro entorno.

Teniendo en cuenta la problemática del descontrol alimenticio por falta de pericia y compromiso del personal encargado, que afecta el desarrollo y crecimiento en el proceso de crianza y reproducción de distintas especies de peces ornamentales en criaderos artesanales de un emprendedor local del municipio de Niquinohomo, departamento de Masaya, se tomó la decisión de poner en práctica los conocimientos adquiridos como estudiantes egresados de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), diseñando e implementando un prototipo para control de alimentación y monitoreo de variables (nivel agua, temperatura, PH) , que brindará información de interés que permitirá detectar y actuar de manera oportuna ante cualquier incidente que afecte la salud y el crecimiento de los peces, que pueda generar pérdidas considerables en la producción y comercialización de los mismos.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Implementar prototipo de control para rutina de alimentación y monitoreo de variables en estanque artesanal de crianza y reproducción de peces ornamentales en criadero ubicado en la comunidad de Niquinohomo, Masaya.

4.2 Objetivos Específicos

1. Automatizar el proceso de alimentación de los peces para garantizar un desarrollo y crecimiento óptimo para la comercialización de los mismos.
2. Estimar las variables de temperatura, pH y volumen de agua en el estanque, con el fin de prevenir enfermedades y muerte de las especies.
3. Monitorear las variables estimadas mediante la tecnología GSM a través de alertas en tiempo real, para actuar de manera oportuna ante cualquier incidente que pueda afectar la salud y crecimiento de los peces.

5. Marco teórico

5.1 Conceptos generales

5.1.1 Acuicultura

La acuicultura se define como el cultivo de organismos acuáticos, es decir, peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. El cultivo implica alguna forma de intervención en el proceso de cría para aumentar la producción, como el almacenamiento periódico, la alimentación, la protección frente a depredadores, entre otros. Además, la acuicultura incluye la propiedad individual o empresarial de la población cultivada, así como la planificación, desarrollo y utilización de sistemas, emplazamientos, instalaciones y prácticas de acuicultura, junto con la producción y transporte (Timmons & Ebeling, 2013).

5.1.2 Acuariofilia

La acuariofilia es la afición de criar y mantener todo tipo de organismos acuáticos en un acuario, bajo condiciones concretas que permitan su pleno desarrollo. Esto implica recrear espacios lo más naturalizados posibles, para que los organismos acuáticos puedan completar su ciclo vital de manera similar a como lo harían en su medio natural (Gómez & Ortega, 2010)

5.1.3 Estanque artesanal

Un estanque rústico es un recinto artificial excavado en tierra con poca profundidad, revestido con plástico de alta densidad. Estos estanques son generalmente rectangulares, aunque la forma puede variar según el relieve y el tamaño del terreno. Son utilizados habitualmente para el riego y la crianza de peces (Boyd, 1998).

5.1.4 Calidad de agua

La calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado. La determinación de los parámetros de calidad del agua debe realizarse en base a criterios físicos, químicos y biológicos, que consideran la dinámica de los procesos y elementos que los afectan, así como la

capacidad del recurso o del ecosistema para soportar presiones y su poder de autodepuración. Estos parámetros de calidad se fijan de manera diferenciada, de conformidad con los diversos usos a los que se va a destinar el recurso, como consumo humano, riego, industria, ganadería, recreación, vida acuática, entre otros (Breitenstein, 2015, p. 200).

5.2 Peces de agua dulce criados en el estanque modelo

5.2.1 Pez ángel o pez escalar

El pez ángel o pez escalar, *Pterophyllum scalare*, es un cíclido de agua dulce y tropical, originario y endémico de la cuenca amazónica. Su dieta es omnívora, y en cautividad acepta alimento seco preparado. Este pez puede soportar condiciones adversas de temperatura entre 24 °C y 30 °C y un pH en el agua de 6 a 7,5 (Breitenstein, 2015, p. 113).

5.2.2 Pez tetra monja

El pez monja, *Gymnocorymbus ternetzi*, es un pez proveniente de la familia Characidae (Carácidos). de agua dulce y tropicales, Son omnívoros en su medio natural, cuando son criados en cautiverio aceptan todo tipo de alimento (vivo, congelado, liofilizado y seco) se adaptan bien a diferentes ambientes y no exigen un pH muy específico. Otro punto a su favor es su comportamiento dentro del acuario. Es un pez muy apto para vivir en un acuario o estanque comunitario de tipo amazónico, son ovíparos, muy prolíficos y relativamente fácil de reproducir. Soportan una temperatura del agua entre 23° y 28° C. con un pH entre 6-8. (Breitenstein, 2015, p. 62).

5.2.3 Pez dorado

El Goldfish, pez dorado, puede ser uno de los peces de agua fría más conocidos y criados en cautividad en todo el mundo, se han generado cientos de mutaciones espontáneas y forzadas, son omnívoros, se alimenta de plantas, insectos y pequeños crustáceos, La temperatura ideal del agua se sitúa entre los 16° y los 20°C, pero en un estanque al aire libre dado al proceso de evolución se han adaptado al entorno y puede

aguantar variaciones entre 5° y 25°C, el pH se debe situar entre 7-8. (Breitenstein, 2015, p. 49).

5.3 Especificaciones del sistema

5.3.1 La tecnología de partida: Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre (Open Source), basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Como se muestra en la Figura 1, el Arduino Mega 2560 es una placa que utiliza un microcontrolador Atmega con múltiples puertos de entrada/salida analógicas y digitales, que incluye un entorno de desarrollo integrado (IDE) basado en Processing soportado para los lenguajes de programación C/C++.

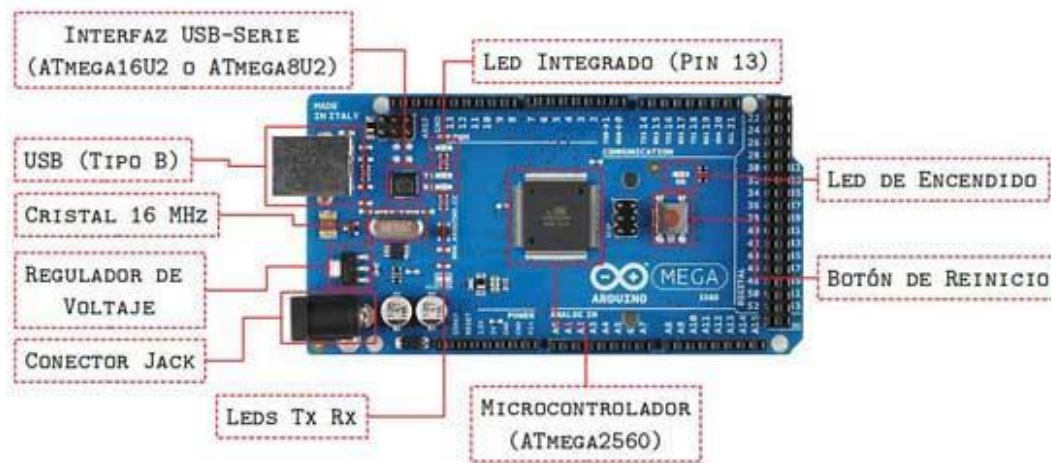


Figura 1 Arduino Mega 2560

Gracias a las librerías de Arduino, leer un simple sensor que requiere de configuración de muchos registros del micro-controlador, se reduce a una única llamada a una función que nos devuelve el valor de la entrada analógica y sin necesidad de tener que recurrir al datasheet del micro-controlador. (Miller, 2015).

5.3.2 La tecnología para la monitorización: Blynk IoT

5.3.2.1 Introducción a Blynk IoT

En la era digital actual, el Internet de las Cosas (IoT) ha emergido como un fenómeno transformador, conectando dispositivos inteligentes para crear soluciones innovadoras en una variedad de campos, desde la domótica hasta la agricultura inteligente. En este contexto, plataformas como Blynk se destacan como facilitadoras clave para convertir las ideas en aplicaciones IoT funcionales y accesibles (Sutton, 2020).

Blynk es una plataforma de desarrollo IoT que permite a los usuarios crear, conectar y controlar dispositivos IoT de manera rápida y sencilla. Fundada en 2015, Blynk ha ganado popularidad entre los entusiastas y desarrolladores de IoT debido a su enfoque centrado en la simplicidad y la accesibilidad. Su característica distintiva radica en su capacidad para habilitar la interacción entre hardware, como placas de desarrollo y sensores, y dispositivos móviles a través de una interfaz intuitiva (Sutton, 2020).

En el corazón de Blynk se encuentra su aplicación móvil, que actúa como un puente entre los usuarios y sus dispositivos IoT. La plataforma proporciona una variedad de widgets personalizables que permiten a los usuarios controlar y monitorear sus dispositivos de manera remota con solo unos pocos clics. Estos widgets incluyen botones, deslizadores, gráficos y notificaciones, entre otros, lo que brinda una flexibilidad significativa para diseñar interfaces de usuario adaptadas a las necesidades específicas del proyecto (Sutton, 2020).

Además de su aplicación móvil, Blynk ofrece una plataforma en la nube que facilita la integración y la gestión de dispositivos IoT. Los usuarios pueden conectar sus dispositivos a la nube utilizando una variedad de protocolos de comunicación, como Wi-Fi, Bluetooth y Ethernet, lo que amplía considerablemente la compatibilidad con una amplia gama de hardware. La plataforma en la nube también proporciona herramientas para el análisis de datos, la automatización y la visualización, lo que permite a los usuarios aprovechar al máximo los datos generados por sus dispositivos (Sutton, 2020).

En resumen, Blynk emerge como una solución integral para el desarrollo de aplicaciones IoT, permitiendo a los usuarios transformar sus ideas en realidades conectadas de manera eficiente y efectiva. En esta tesis, exploraremos en detalle las características, capacidades y aplicaciones de Blynk, así como su papel en el panorama en constante evolución del IoT (Sutton, 2020).

5.3.2.2 Aplicaciones de Blynk IoT

La integración de Blynk IoT con Arduino ofrece numerosas aplicaciones prácticas en una variedad de campos industriales y de agricultura, ganadería, hidroponía y acuariofilia. Estos serían algunos ejemplos específicos de cómo esta combinación puede ser utilizada en cada uno de estos sectores:

Industria:

1. **Monitoreo y Control de Procesos Industriales:** Blynk en combinación con Arduino permite monitorear y controlar diversos parámetros de procesos industriales, como temperatura, presión, humedad y niveles de líquidos. Esto facilita la optimización de la producción y la detección temprana de fallos en la maquinaria (Cheng, 2021).
2. **Gestión de Energía:** Mediante la implementación de sensores de consumo energético y la capacidad de controlar dispositivos eléctricos, Blynk con Arduino puede utilizarse para monitorear y optimizar el consumo de energía en entornos industriales, reduciendo costos y mejorando la eficiencia energética (Cheng, 2021).

Agricultura:

1. **Automatización de Riego:** Utilizando sensores de humedad en el suelo, Blynk puede controlar sistemas de riego automatizados conectados a Arduino. Esto garantiza que las plantas reciban la cantidad adecuada de agua en función de sus necesidades, lo que optimiza el uso del agua y mejora el crecimiento de los cultivos (Cheng, 2021).
2. **Monitoreo Ambiental:** Blynk puede integrarse con sensores de temperatura, humedad, luz y calidad del aire para monitorear el entorno de cultivo. Esto permite a los agricultores tomar decisiones informadas sobre la gestión de cultivos, la ventilación y el control de plagas, lo que resulta en una mayor productividad y calidad de los productos agrícolas (Cheng, 2021).

Ganadería:

1. **Monitoreo de Condiciones Ambientales:** Blynk puede utilizarse para monitorear condiciones ambientales críticas en instalaciones ganaderas, como temperatura, humedad y calidad del aire. Esto ayuda a garantizar el bienestar de los animales y a prevenir enfermedades relacionadas con el estrés térmico (Cheng, 2021).
2. **Sistemas de Alimentación Automatizados:** Con Blynk y Arduino, es posible implementar sistemas automatizados de alimentación para animales, controlando la cantidad y el momento de la distribución de alimentos. Esto mejora la eficiencia de la alimentación y reduce los costos de mano de obra (Cheng, 2021).

Hidroponía:

1. **Control de Nutrientes y pH:** Blynk puede utilizarse para monitorear y controlar los niveles de nutrientes y pH en sistemas hidropónicos. Esto permite ajustar automáticamente la solución nutritiva para mantener condiciones óptimas de crecimiento para las plantas (Cheng, 2021).
2. **Automatización de Sistemas de Iluminación:** Mediante el uso de sensores de luz y sistemas de iluminación controlados por Arduino, Blynk puede automatizar el ciclo de iluminación en sistemas hidropónicos. Esto garantiza un suministro constante de luz para el crecimiento de las plantas, independientemente de las condiciones externas (Cheng, 2021).

Acuariofilia:

1. **Monitoreo y Control de Parámetros del Agua:** Blynk con Arduino puede utilizarse para monitorear y controlar parámetros críticos del agua en estanques, como temperatura, pH, nivel de oxígeno disuelto y salinidad. Esto ayuda a mantener un ambiente óptimo para la salud de los peces y otros organismos acuáticos (Cheng, 2021).
2. **Automatización de Sistemas de Filtración y Oxigenación:** Implementando sensores y actuadores controlados por Arduino, Blynk puede automatizar sistemas de filtración y oxigenación en estanques. Esto garantiza un mantenimiento eficiente del agua y reduce la necesidad de intervención manual (Cheng, 2021).

En resumen, la combinación de Blynk IoT y Arduino ofrece un potencial significativo para mejorar la eficiencia, la automatización y el monitoreo en una variedad de aplicaciones industriales, agrícolas y relacionadas con la vida acuática, lo que resulta en beneficios tanto económicos como ambientales (Cheng, 2021).

5.3.3 Parámetros de Interés a monitorear

La finalidad de este proyecto es permitir la comunicación entre usuario y estanque en ambas direcciones, es decir, El estanque proporciona información en tiempo real, permitiendo que se tomen acciones de forma automática o manual cuando se considere necesario ajustar algún parámetro, especialmente si el sistema no ha actuado debido a que no se han alcanzado los límites establecidos.

Esto permite mantener constantemente los parámetros de los peces en niveles óptimos, así como prevenir posibles enfermedades en estos organismos.

Los sensores son dispositivos capaces de detectar magnitudes físicas del entorno y transformarlas en variables eléctricas. Estas magnitudes físicas pueden ser, por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Un sensor está siempre en contacto con la magnitud física a medir, lo que permite considerar que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades para adaptar la señal que mide, de modo que otra unidad pueda interpretarla (Gómez & López, 2018).

Respecto a los estanques, cada tipo tiene preferencias específicas en relación con los factores externos. No obstante, es esencial conocer las características de los peces que habitan en el estanque para garantizar su cuidado (Gómez & López, 2018).

Respecto a las peces, cada especie tiene unas preferencias en cuanto a los factores externos. La mayoría de peces puede tolerar condiciones ambientales que difieren de las condiciones naturales en la cuales han evolucionado. Sin embargo, esto no significa que van a estar sanos o que van a vivir tanto como normalmente. Por ejemplo, tener un pez en agua más fría (o caliente) diferente a sus condiciones preferidas obligan a los órganos del cuerpo a trabajar más para mantenerlo vivo. Estas condiciones sitúan el pez bajo estrés (Brett, 1995).

Un estrés aumentado reduce la capacidad del pez para protegerse de enfermedades y de curarse el mismo. Además, el estrés reduce la capacidad de los peces de criar con éxito y acorta su esperanza de vida natural. Un poco de estrés por sí solo no suele ser fatal, pero a medida que el estrés aumenta su capacidad para resistirlo disminuye (Brett, 1995).

Es importante señalar que eliminar el estrés no garantiza la salud del estanque; sin embargo, sí disminuye significativamente las complicaciones. Al reducir el estrés, se incrementa la probabilidad de que el estanque mantenga un estado saludable (Brett, 1995).

Se Identifican los siguientes parámetros medibles como los más relevantes.

5.3.3.1 Grado de acidez (pH)

El pH es una variable que mide el nivel de acidez de una disolución, y está ligado a la concentración de iones de hidrógeno (H⁺). Existe una escala del pH que oscila entre los valores 0 y 14, consulte el Anexo B. El valor de pH 7 se corresponde con las sustancias neutras, como el agua pura, entre más bajo sea el valor de pH se considera un pH ácido, y entre más alto sea el valor corresponde a un pH alcalino (Breitenstein, 2015, pp. 200-205).

El pH es un factor muy importante del estanque, pues los cambios bruscos pueden perjudicar seriamente la salud de los peces presentes en él. El pH ideal varía en función de las especies que tengamos en el estanque. No existe un nivel estándar para todos los peces, aunque la mayoría puede mantenerse en un rango entre 5,5 – 8,0 (Breitenstein, 2015, pp. 200-205).

Como hemos podido observar, el pH del agua es esencial en la supervivencia y bienestar de los peces. Realizar pruebas semanales de este parámetro será fundamental para tener un ecosistema acuático balanceado (Breitenstein, 2015, pp. 200-205).

5.3.3.2 Temperatura del Agua

La temperatura es uno de los parámetros más críticos a controlar en el estanque, ya que influye directamente en la salud de los peces. El rango de temperatura recomendado varía según la especie. Por esta razón, la temperatura del estanque suele ser una de las primeras medidas que se toman, dado que es fundamental para asegurar el correcto funcionamiento de las funciones metabólicas en los peces (Breitenstein, 2015, pp. 219-220).

La mayoría de los peces son poiquilotermos (lo que significa que no regulan la temperatura interna del cuerpo), sino que dependen de su entorno, por lo que la temperatura fuera del rango adecuado según la especie del pez puede causar problemas, mantener la temperatura estable es tan importante ya que una disminución repentina en la temperatura puede dañar el sistema inmune del pez y aumentar el riesgo de que se enferme (Breitenstein, 2015, pp. 219-220).

Los aumentos repentinos en la temperatura pueden provocar un aumento en la actividad metabólica debilitando el sistema inmunológico, un crecimiento inadecuado, parálisis respiratoria o cardíaca y posiblemente la muerte (Breitenstein, 2015, pp. 219-220).

5.3.3.3 Nivel de Agua

El estanque pierde parte de su líquido de manera natural. Esto se debe a que la luz solar calienta la superficie del agua, iniciando un proceso de evaporación que disminuye el nivel del fluido (Smith, 2020). Además, la diferencia de temperatura ambiental también propicia este evento, y algunos sitios son más propensos a perder agua que otros. También se pierde una mínima cantidad de agua en el proceso de filtración, ya que esta se envía a un sistema de filtración que retiene los restos de alimentos y desechos orgánicos presentes en el estanque (Jones & Lee, 2018).

El agua perdida debe ser reemplazada cuanto antes para no provocar alteraciones en los parámetros del estanque y mantener el nivel óptimo de agua que este debe tener (Smith, 2020).

5.3.4 Actuadores de Interés a implementar

El siguiente paso, tras identificar todas las magnitudes relevantes del estanque, consiste en tomar medidas cuando se determine que estas superan o descienden por debajo de ciertos valores umbrales.

5.3.4.1 Sistema de relleno de agua automático

Un sistema de relleno de agua automático es un mecanismo diseñado para mantener un nivel constante de agua en un estanque o tanque mediante el uso de sensores de nivel y electroválvulas. El propósito de este sistema es automatizar el proceso de llenado, eliminando la necesidad de intervención manual y reduciendo el riesgo de desbordamiento o insuficiente nivel de agua (Johnson & Carter, 2019).

El sistema funciona mediante la instalación de sensores de nivel de agua dentro del estanque, generalmente dispuestos en posiciones estratégicas para detectar niveles altos y bajos. Cuando el sensor detecta que el nivel de agua ha caído por debajo de un punto predeterminado, se envía una señal a una electroválvula, que se abre para permitir el flujo de agua desde la fuente principal, como una tubería o llave de agua. El agua fluye hacia el estanque hasta que alcanza el nivel indicado por el segundo sensor, momento en el cual la electroválvula se cierra automáticamente para detener el flujo de agua (Smith & Brown, 2021).

Este sistema de relleno automático es especialmente útil en entornos donde el mantenimiento constante del nivel de agua es crítico, como en acuarios, estanques de peces o sistemas de refrigeración industrial. Además de proporcionar un mecanismo confiable y seguro para el llenado, el uso de sensores y electroválvulas automatiza el

proceso, reduciendo el riesgo de errores humanos y garantizando un control preciso del nivel de agua. Esto puede llevar a una mayor eficiencia, reducción de costos de mantenimiento y una mejora general en la operación del sistema (Smith & Brown, 2021).

5.3.4.2 Sistema alimentación de peces

Este es un aspecto que no debe ser improvisado, puesto que de una buena alimentación depende que los peces estén sanos, sean resistentes a las enfermedades y tengan una mayor longevidad. Por otro lado, la alimentación tiene efecto directo sobre la apariencia, la vitalidad, lucimiento de los colores, conformación del cuerpo, crecimiento apropiado y una buena reproducción (Santiago & Lovell, 2018).

La alimentación tiene que producirse una o dos veces al día y siempre por el mismo lado, para que los peces sepan adonde acudir y de este modo se coman toda la comida antes de que llegue al fondo, lo que minimizar el riesgo de que ésta se descomponga ya que es fuente de compuestos nitrogenados, altera el pH y consume grandes cantidades de oxígeno (Timmons & Ebeling, 2013).

El sistema alimentador automatizará el proceso de suministro de alimento para los peces desarrollados en el estaque artesanal, se destacará por su fácil instalación, manipulación, bajo consumo energético, constará con un motor paso a paso, depósito para almacenamiento de alimento, un circuito lógico que gobernará los intervalos de alimentación programada (Smith & Brown, 2021).

5.3.5 Protocolos de comunicación

5.3.5.1 Comunicación por puerto serial

Los puertos serie son la forma principal de comunicar una placa Arduino con un ordenador. Existen un sin fin de posibilidades en las que se requiere el empleo del puerto serie. Por tanto, el puerto serie es un componente fundamental de una gran cantidad de proyectos de Arduino, y es uno de los elementos básicos que se deben de aprender para

poder sacar todo el potencial de Arduino (Banzi & Shiloh, 2014).

Un puerto serie envía la información mediante una secuencia de bits. Para ello se necesitan al menos dos conectores para realizar la comunicación de datos, RX (recepción) y TX (transmisión). No obstante, pueden existir otros conductores para referencia de tensión, sincronismo de reloj, etc. En ocasiones se refiere a los puertos serie como UART. La UART (universally asynchronous receiver/transmitter) es una unidad que incorporan ciertos procesadores, encargada de realiza la conversión de los datos a una secuencia de bits y transmitirlos o recibirlos a una velocidad determinada (Banzi & Shiloh, 2014).

Prácticamente todas las placas Arduino disponen al menos de una unidad UART. Las placas Arduino UNO y Mini Pro disponen de una unidad UART que operan a nivel TTL 0V / 5V, por lo que son directamente compatibles con la conexión USB. Por su parte, Arduino Mega y Arduino Due disponen de 4 unidades UART TTL 0V / 5V.

Los puertos serie están físicamente unidos a distintos pines de la placa Arduino. Lógicamente, mientras usamos los puertos serie no podemos usar como entradas o salidas digitales los pines asociados con el puerto de serie en uso. En Arduino UNO y Mini Pro los pines empleados son 0 (RX) y 1 (TX). En el caso de Arduino Mega y Arduino Due el puerto de serie 1 está conectado a los pines 0 (RX) y 1 (TX), el puerto de serie 1 a los pines 19 (RX) y 18 (TX) el puerto de serie 2 a los pines 17 (RX) y 16 (TX), y el puerto serie 3 a los pines 15 (RX) y 14 (TX) (Banzi & Shiloh, 2014).

5.3.5.2 Comunicación GSM/GPRS

El módulo GSM SIM900 es un dispositivo ampliamente utilizado para proporcionar conectividad a la red móvil a proyectos electrónicos, como los basados en Arduino. Para entender cómo funciona y qué capacidades ofrece, es útil tener una idea general de la tecnología GSM/GPRS y cómo está integrada en el módulo SIM900.

GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles) es una tecnología de comunicación celular que utiliza la modulación por división de tiempo (TDMA) para permitir la transmisión de datos y voz. Fue uno de los primeros estándares digitales de comunicaciones móviles, desarrollada en Europa y utilizada globalmente para servicios celulares. GSM permite a los dispositivos móviles conectarse a redes de telefonía para realizar llamadas de voz y enviar mensajes de texto (SMS) (Kumar, 2017).

GPRS (Servicio General de Paquetes por Radio) es una extensión de GSM que proporciona capacidades para la transmisión de datos en forma de paquetes. A diferencia de GSM, que es principalmente para voz y SMS, GPRS permite el acceso a datos móviles para aplicaciones como navegación web, mensajería instantánea y transmisión de datos. GPRS usa la misma infraestructura que GSM, pero introduce mecanismos para transmitir datos en paquetes, lo que lo hace más eficiente para el acceso a internet y servicios de datos (Kumar, 2017).

El módulo SIM900 es un dispositivo que permite a proyectos electrónicos conectarse a redes GSM/GPRS. Este módulo es compatible con múltiples bandas (850/900/1800/1900 MHz), lo que lo hace adaptable a la mayoría de las redes celulares del mundo (Rashid, 2016).

Para el caso de nuestro país las bandas utilizadas por las operadoras locales son:

Tigo Nicaragua:

Tigo Nicaragua opera en las siguientes bandas GSM/GPRS:

- 850 MHz: Esta es la banda más comúnmente utilizada para las redes GSM/GPRS en todo el mundo. Proporciona una buena cobertura y capacidad, pero la velocidad de datos es relativamente baja.
- 1900 MHz: Esta banda ofrece mayor velocidad de datos que la banda de 850 MHz, pero la cobertura puede ser menor.

Claro Nicaragua:

Claro Nicaragua opera en las siguientes bandas GSM/GPRS:

- 850 MHz: Claro utiliza esta banda para una amplia cobertura y capacidad.
- 1900 MHz: Claro ofrece mayor velocidad de datos en esta banda, pero con una cobertura potencialmente más limitada.

Es importante tener en cuenta:

- La disponibilidad y la velocidad de las bandas GSM/GPRS pueden variar dependiendo de la ubicación específica dentro de Nicaragua.
- El tipo de dispositivo móvil que utilice también puede afectar la compatibilidad con las bandas disponibles, en este caso el módulo SIM900 es completamente compatible para funcionar en ambas operadoras.

5.3.5.3 Comunicación I2C

La comunicación I2C (Inter-Integrated Circuit) es un protocolo de comunicación serial que permite la conexión de múltiples dispositivos mediante solo dos cables: uno para la señal de reloj (SCL) y otro para la señal de datos (SDA). En el contexto de Arduino, este protocolo simplifica la conexión de módulos y sensores al microcontrolador, facilitando la integración de diversos componentes en un proyecto (Monk, 2016).

Un ejemplo común de uso de I2C es la conexión de pantallas LCD, especialmente aquellas que incorporan un módulo adaptador I2C. Estos módulos LCD I2C permiten una comunicación más eficiente con el Arduino, ya que requieren solo dos pines para la transferencia de datos, en lugar de los múltiples pines que serían necesarios en una configuración paralela. Esto no solo ahorra espacio y reduce el cableado, sino que también simplifica la programación, dado que la mayoría de las bibliotecas de Arduino para pantallas LCD I2C proporcionan funciones predefinidas para gestionar la visualización de datos, permitiendo a los desarrolladores centrarse en la lógica del proyecto sin preocuparse por el manejo complejo de señales (Smith, 2017).

5.3.5.4 Comunicación 1-WIRE

1-Wire es un protocolo de comunicación de una sola línea desarrollado por Dallas Semiconductor (ahora parte de Maxim Integrated) que permite la comunicación entre dispositivos utilizando un solo cable para transmitir datos entre el maestro (generalmente un microcontrolador o una computadora) y los dispositivos esclavos (como sensores, memorias EEPROM, etc.). Para completar el circuito, se usa una resistencia pull-up que asegura que el bus esté normalmente en un estado alto cuando no se está transmitiendo información.

Aunque se utiliza un solo cable, 1-Wire permite la conexión de múltiples dispositivos en un mismo bus, cada uno con un identificador único (un número de serie de 64 bits). Esto permite que un solo maestro se comunique con muchos dispositivos sin necesidad de usar más cables. Debido a que se utiliza solo un cable para la transmisión de datos y la alimentación, 1-Wire es ideal para aplicaciones donde se necesitan conexiones simples y económicas, como en dispositivos embebidos, sensores de temperatura, etc.

6. Diseño metodológico

6.1 Método de Investigación.

Para desarrollar este proyecto se utilizará el tipo de investigación aplicada, ya que se ejecutará con la finalidad de mejorar la situación actual, a través de un proceso tecnológico e innovador, que a su vez nos dotará de conocimientos por medio de la práctica. Se usarán técnicas de investigación que consisten en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registro previo a la ejecución del proyecto. La observación y toma de muestras forman parte de los elementos fundamentales de todo proceso investigativo, en ella nos apoyaremos para obtener la mayor cantidad de datos y conseguir los objetivos planteados, mediante estándares y procesos ya existentes y determinados, sin embargo, también se hará uso del método experimental para el análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación.

6.1.1 Etapa de análisis

Se realizó visita de campo en el criadero donde se evaluaron las condiciones para desarrollar el prototipo, determinando la viabilidad de la infraestructura existente, al igual se revisó el acuerdo con el propietario del negocio en el que se especifican las directrices del proyecto. Durante este proceso se realizaron mediciones de campo con la finalidad de tener datos preliminares de la situación como punto de partida a tener en cuenta en la evaluación.

6.1.1.1 Dimensiones del estanque

El estanque para peces ornamentales es una estructura rectangular de concreto con dimensiones de 1.14 mt de ancho, 2.47 mt de largo y 0.56 mt de profundidad, lo que le da un volumen total de 1577 lt lo que permite albergar una población recomendada entre 200 y 270 peces, considerando las siguientes especies, Pez Ángel; Pez Tetra Monja, Pez Dorado, este diseño proporciona un espacio adecuado para alojar una combinación de diferentes especies de peces en estado juvenil.

El volumen de agua del estanque se calcula con la fórmula:

Volumen = Ancho x Largo x Profundidad

$$\text{Volumen} = 1.14 \text{ m} \times 2.47 \text{ m} \times 0.56 \text{ m} = 1.57 \text{ m}^3$$

Dado que 1 metro cúbico equivale a 1000 litros

$$1.57 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ lt/m}^3 = 1576.8 \text{ lt}$$

Este tamaño de estanque ofrece un entorno controlado ideal para la crianza y desarrollo de peces ornamentales, proporcionando tanto espacio para nadar como áreas para refugio y descanso. La calidad del agua y la compatibilidad entre las especies son esenciales para mantener un ambiente saludable y equilibrado.

6.1.1.2 Parámetros ambientales de los peces

Para mantener un entorno saludable en un estanque mixto con Pez Ángel, Pez Tetra Monja y Pez Dorado, es esencial ajustar los parámetros del agua y la dieta adecuada para cada especie. Los Peces Ángel requieren temperaturas de 24 a 28 °C y un pH de 6.5 a 7.5, con 20 litros de agua por pez, y deben ser alimentados con gránulos para peces tropicales y alimentos vivos. Los Peces Tetra Monja prefieren temperaturas de 22 a 28 °C y un pH de 6.0 a 7.5, con 10 litros de agua por pez, y se alimentan con copos y daphnia. Los Peces Dorados necesitan temperaturas de 18 a 24 °C y un pH de 6.0 a 8.0, con 40 litros de agua por pez, siendo su dieta a base de gránulos, vegetales y alimentos vivos. Estos cuidados asegurarán el bienestar de todas las especies en el estanque. Los datos presentados en Tabla 1 muestra los parámetros teóricos de los peces y rangos de tolerancia a monitorear.

Especie	Rango de Temperatura (°C)	Rango de pH	Tipo de Comida
Pez Ángel	24-28 °C	6.5-7.5	Alimentos granulares para peces tropicales, larvas de insectos, y alimentos vivos o congelados.
Pez Tetra Monja	22-28 °C	6.0-7.5	Alimentos en copos para peces tropicales pequeños, daphnia, y microgusanos.
Pez Dorado	18-24 °C	6.0-8.0	Alimentos en gránulos específicos para peces dorados, vegetales y alimentos vivos ocasionales como larvas de mosquito
Rango Común para Sensores	27 – 30 °C	6.5-8.0	Alimentos granulares para peces tropicales

Tabla 1 Rango de parámetros teóricas y rango estimado en común

6.1.2 Etapa de diseño

Durante esta fase del proyecto, se llevó a cabo una exhaustiva selección de componentes basada en las especificaciones, características técnicas y funcionalidades requeridas para el control de alimentación y monitoreo del estanque artesanal en el criadero FOX. Además, se realizaron investigaciones relacionadas con la automatización y el control de procesos para respaldar las decisiones de diseño.

6.1.2.1 Selección de componentes

Comunicación con la Nube de Blynk: Se optó por utilizar el Arduino Mega en combinación con el módulo SIM900 para establecer conectividad a nivel GSM con la plataforma Blynk. Esta elección se basó en la robustez y la confiabilidad de la comunicación celular, que garantiza la disponibilidad constante de datos y control remoto del sistema.

Visualización de Valores Monitoreados: Se integró un display 20x4 con circuito I2C para mostrar de manera clara y concisa los valores monitoreados en tiempo real. Esta elección permitió una interfaz de usuario amigable y de fácil lectura.

Sensores para Monitoreo: Se seleccionaron los siguientes sensores para garantizar un monitoreo preciso y completo del estanque:

- **Sensor de Temperatura DS18B20:** Elegido por su capacidad para operar sumergido en el agua, permitiendo la medición precisa de la temperatura en el entorno del estanque.
- **Sensor de pH PH-4502C + Electrodo E201:** Fundamental para controlar el nivel de acidez del agua, lo que es crucial para la salud y el bienestar de los peces ornamentales.

- **Sensor Ultrasónico JSN-SR04T:** Seleccionado para monitorear de forma precisa el nivel de agua en el estanque, lo que contribuye a mantener condiciones óptimas de hábitat.

Actuadores: Los siguientes actuadores fueron elegidos para permitir un control efectivo del entorno del estanque:

- **Relay 5V:** Utilizado para controlar dispositivos eléctricos de alta potencia, como bombas de agua o sistemas de iluminación.
- **Electroválvula Normalmente Cerrada 12V, 1/2”:** Esencial para regular el flujo de agua en el estanque, proporcionando un control preciso sobre el suministro hídrico.
- **Motor Paso a Paso y Driver A4988:** Seleccionados para aplicaciones que requieren un movimiento preciso y controlado, como la apertura y cierre de compuertas o la alimentación automática de los peces.

6.1.2.2 Diseño de mecanismo dispensador de alimento

El sistema de alimentación del estanque se desarrolló mediante un modelo prototipo creado en el software Blender 3D, en colaboración con un especialista en impresión 3D. El diseño se orientó hacia una estructura eficiente y automatizada para la dosificación de alimento en cantidades controladas. Para lograr un sistema funcional y de bajo costo, se optó por una combinación de piezas impresas en 3D y componentes de PVC.

Dentro del diseño total, se imprimieron en 3D aquellas piezas que requerían un alto grado de precisión. Estas incluyen las bases del sistema, el soporte del motor paso a paso y un rotor interno tipo sin fin, tal como se ilustra en Figura 2 y Figura 3. Este último elemento es fundamental para el funcionamiento del alimentador, ya que se encarga de empujar el alimento hacia la salida, facilitando la dosificación según los requerimientos.

El resto de la estructura se construyó empleando piezas de PVC, las cuales aportan durabilidad y facilidad de ensamblaje. La estructura incluye una T de 2 pulgadas, un codo de 2 pulgadas, un reductor de 4 a 2 pulgadas, una unión tipo camisa de 4 pulgadas y una tapa de PVC de 4 pulgadas. Estos componentes configuran el conducto principal del alimentador, donde el rotor sin fin desplaza el alimento hacia la salida de manera efectiva; ver Figura 4.

La combinación de piezas impresas en 3D y elementos de tubería de PVC resulta en un diseño optimizado que mantiene bajo el costo y simplifica la estructura sin comprometer la funcionalidad. Las bases y soportes impresos en 3D proporcionan una estructura robusta para el montaje y operación del motor, mientras que las piezas de PVC constituyen una carcasa resistente que protege el sistema y facilita el flujo de alimento sin obstrucciones. Este diseño modular permite además un fácil desmontaje y limpieza del sistema, aspecto esencial para la higiene en el entorno del estanque.

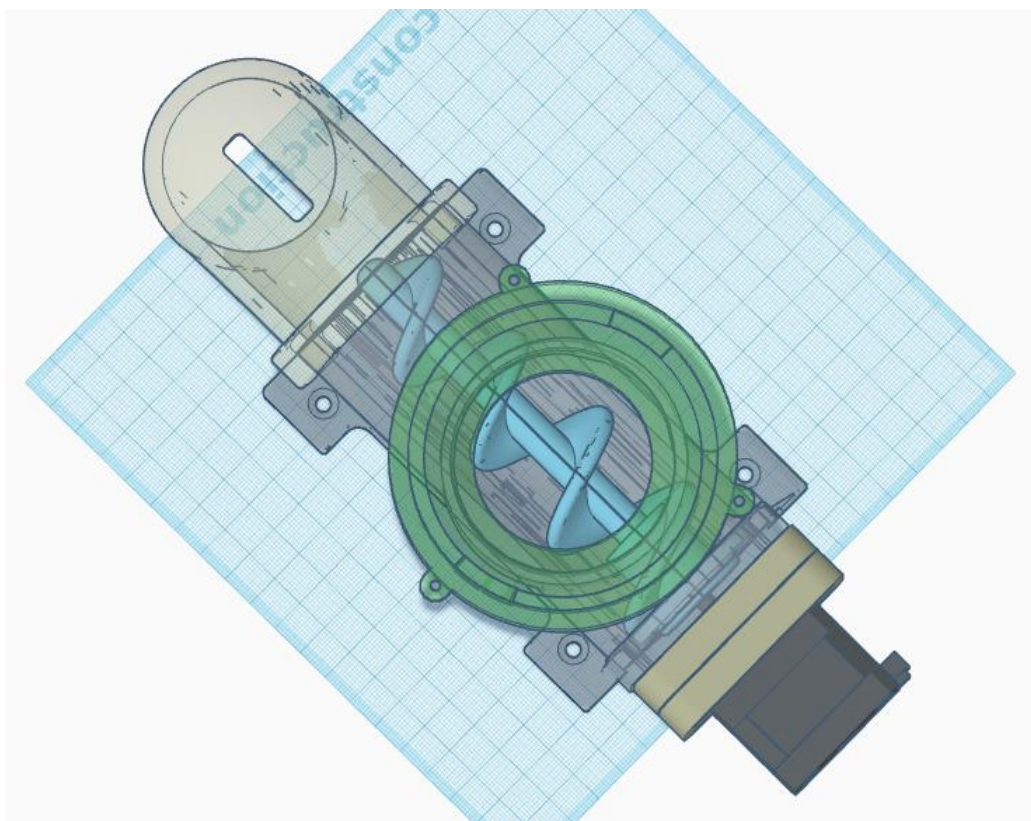


Figura 2 Diseño 3D Sistema de alimentación, vista aérea (Fuente Propia)

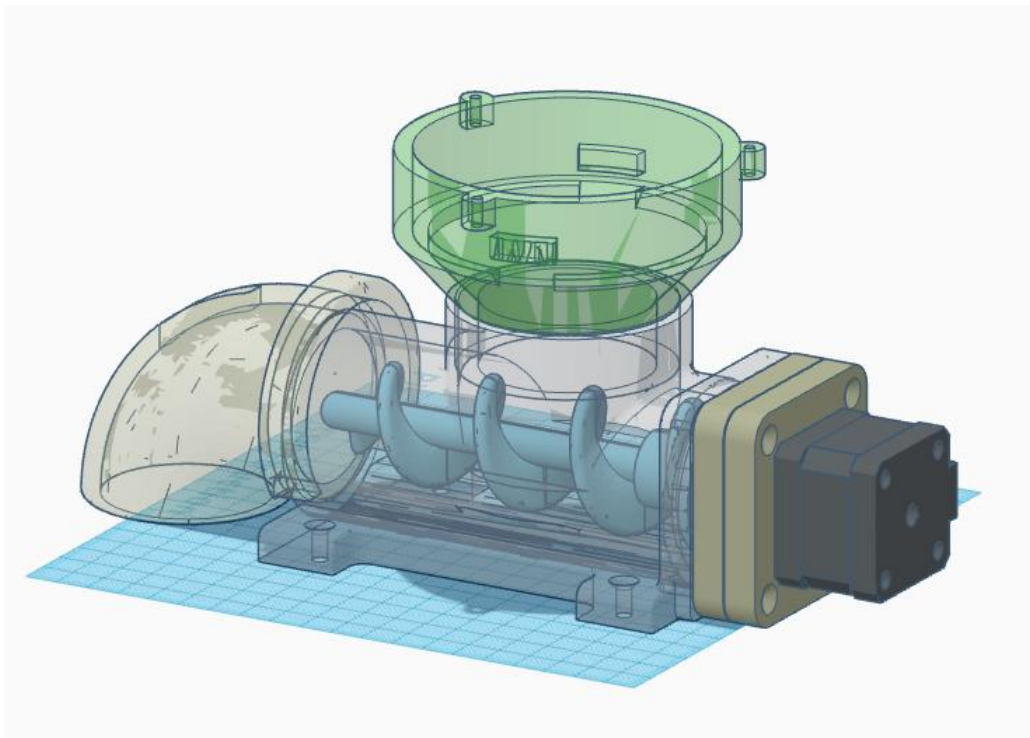


Figura 3 Diseño 3D Sistema de alimentación, vista lateral (Fuente Propia)

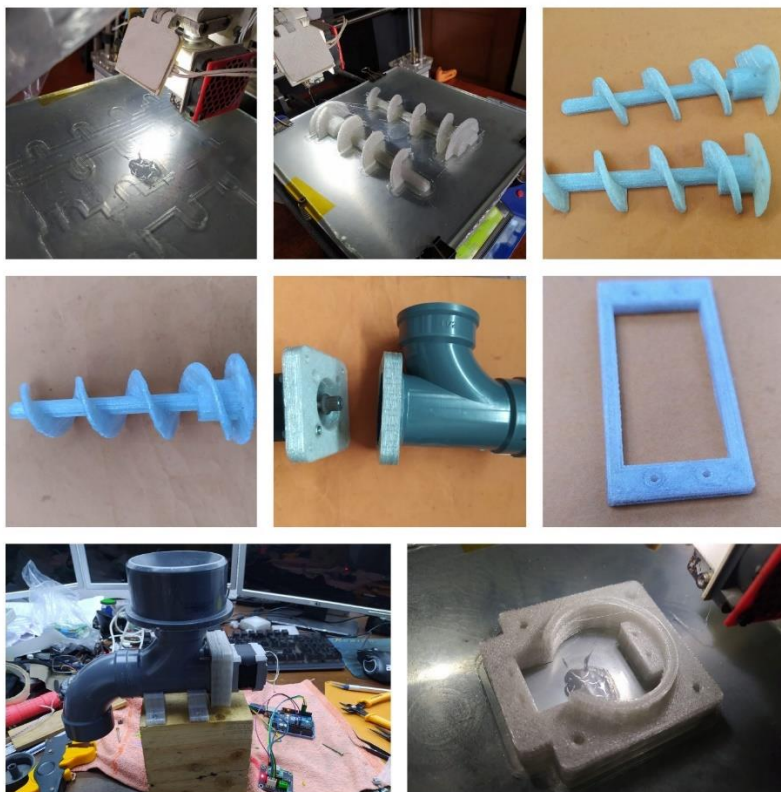


Figura 4 Armado del Sistema de alimentación (Fuente Propia)

6.1.2.3 Diagrama de bloques del sistema

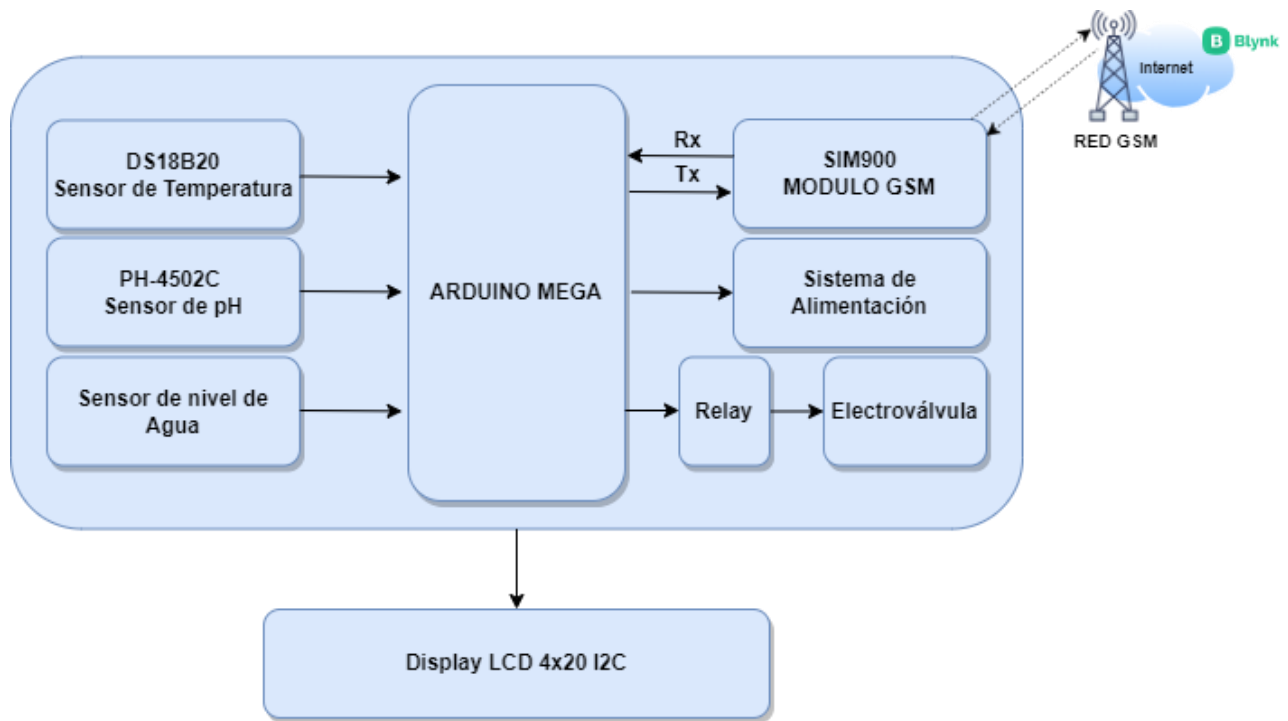


Figura 5 Diagrama de bloque del sistema (fuente propia).

6.1.3 Etapa de desarrollo

El dispositivo principal del sistema está constituido por el Arduino Mega, una tarjeta de desarrollo open-source construida con un microcontrolador modelo Atmega2560, que cuenta con pines de entradas y salidas (E/S), tanto analógicas como digitales. Esta tarjeta se programa en un entorno de desarrollo que utiliza el lenguaje Processing/Wiring. Se integrará con los módulos, sensores y actuadores que, en conjunto, conformarán el prototipo final.

Para el diseño, desarrollo, y montaje del prototipo se utilizaron 2 herramientas fundamentales, como lo son Arduino Y Fritzing, es necesario recalcar que ambos pertenecen a la misma familia de software.

Arduino por su parte utiliza la IDE de Processing, con versiones simplificadas de C++, lo cual en conjunto con sus librerías y múltiples periféricos compatibles nos facilitan la programación del microcontrolador. Frizing nos permite documentar de manera visual el prototipo interactivo, de esta manera damos el paso al primer montaje físico y posteriormente al prototipo final.

6.1.3.1 Montaje de Arduino Mega.

6.1.3.1.1 Pinout

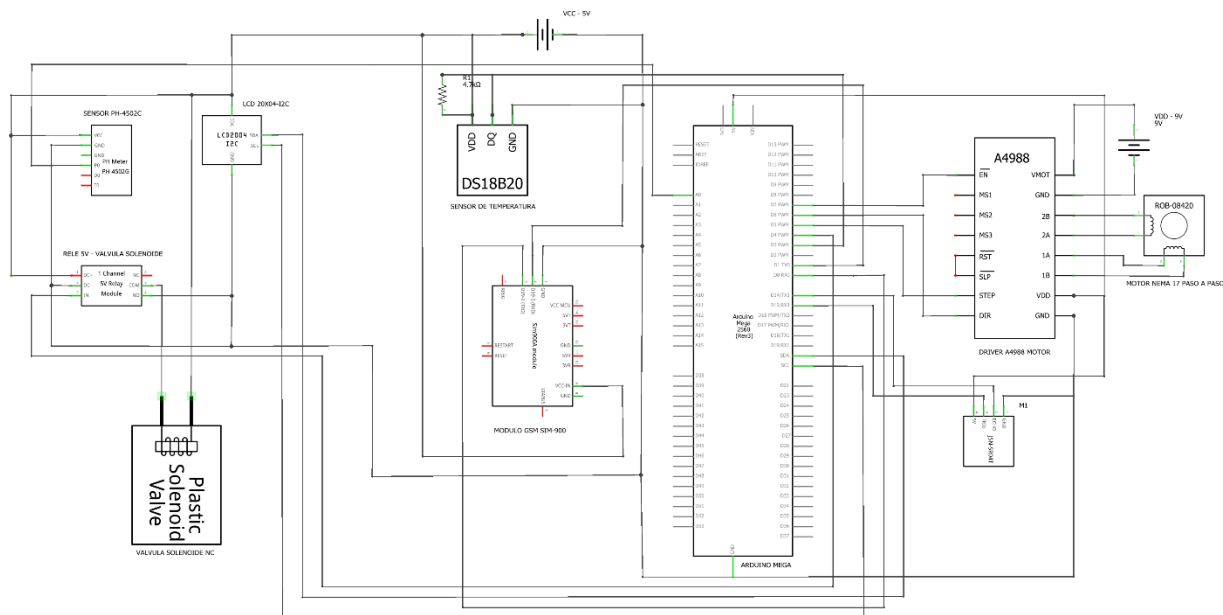
En la tabla 2, se muestra la configuración de pines entre el Arduino Mega y los sensores y actuadores del sistema.

PINES	ARDUINO MEGA	PERIFERICO	PINES
0	RX	SIM900	TX
1	TX		RX
2	D2	DS18B20	DQ
3	A0	PH-4502C	Po
4	D4	RELAY	IN
5	D5	DRIVER A4988	STEP
6	D6		DIR
7	D7		ENABLE
14	D14	JSN-SR04T	ECHO
15	D15		TRIGGER
20	SDA	LCD 20X4 I2C	SDA
21	SCL		SCL

Tabla 2 tabla de conexiones entre sensores, actuadores, módulos y Arduino

6.1.3.1.2 Diagrama Esquemático

En esta sección, se presenta el diagrama esquemático detallado del prototipo, a como se muestra en Figura 6. Este diagrama integra una variedad de componentes interconectados que, en combinación con el código compilado, están diseñados para monitorear las condiciones del estanque de forma precisa y eficiente, además de controlar la alimentación y el nivel del agua.



fritzing

Figura 6 Diagrama esquemático del sistema (fuente propia).

6.1.3.2 Conversión y acondicionamiento de las señales

6.1.3.2.1 Módulo A4988

El módulo A4988 es un controlador que se utiliza para recibir la señal desde un microcontrolador, en este caso Arduino Mega, a su vez, se encarga de generar todas las señales necesarias simplificando el manejo de motores paso a paso. Este dispositivo permite manejar los altos voltajes e intensidades que requieren este tipo de motores, limitan la corriente que circula por el motor y proporcionan las protecciones para evitar que la electrónica pueda resultar dañada.

Conexiones de Hardware

- **Alimentación:**

Conexión del PIN VMOT a la fuente de alimentación del motor.

Conexión del PIN GND del A4988 a la tierra de la fuente de alimentación y al GND del Arduino; ver Figura 7.

- **Pines de Control de Señales:**

Conexión del PIN STEP del A4988 a un pin digital del Arduino (PIN 5).

Conexión del PIN DIR del A4988 a un pin digital del Arduino (PIN 6).

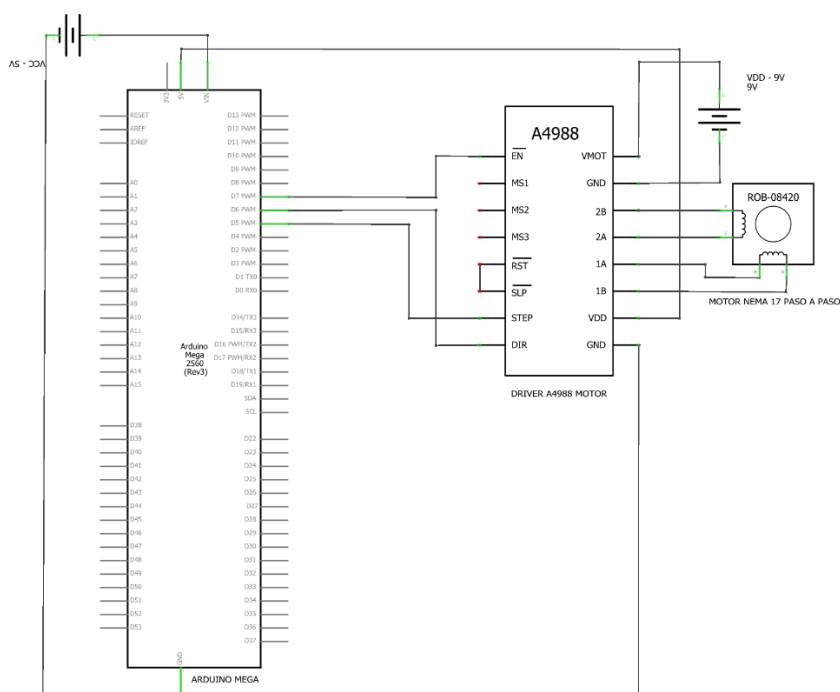
Conexión del PIN ENABLE del A4988 a un pin digital del Arduino (PIN 7).

- **Configuración de la Señal**

Señal de Paso (STEP): Esta señal controla el motor para avanzar un paso. Necesita un pulso de voltaje alto (HIGH) seguido de un voltaje bajo (LOW). El tiempo entre pulsos determina la velocidad del motor, en el código se controlará esto ajustando el `delayMicroseconds()`

Señal de Dirección (DIR): Este pin determina la dirección de rotación del motor. Puede estar en HIGH o LOW para indicar hacia dónde debe girar el motor.

Señal de Activación (ENABLE): Se utiliza para activar o desactivar el controlador. Cuando la señal ENABLE está en alto (HIGH), el A4988 está habilitado y listo para recibir comandos de dirección y pasos. Si la señal está baja (LOW), el controlador se desactiva, lo que significa que el motor no recibirá pulsos y no girará.



fritzing

Figura 7 Diagrama esquemático conexión A4988 – ATMEGA 2560 (fuente propia).

- **Acondicionamiento de la Señal**

Modulación de Corriente (Chopping): Es la técnica utilizada para regular la velocidad de giro de los motores, mantiene el par motor y no supone el desaprovechamiento de energía. Para lograr esto, en el sistema se utiliza el potenciómetro que se encuentra integrado en el A4988 para ajustar la corriente máxima que irá al motor. Esto evita el sobrecalentamiento y garantiza un funcionamiento eficiente.

Modelo	A4988
Intensidad máxima	2A
Tensión máxima	35V
Microsteps	16
Rs típico	0.05, 0.1 o 0.2
Fórmulas	$I_{max} = V_{ref} / (8 * R_s)$
	$V_{ref} = I_{max} * 8 * R_s$

Tabla 3 Calculo de Corriente Max y Voltaje de Referencia (Datasheet A4988)

El motivo de utilizar el A4988 es que los motores paso a paso de cierto tamaño y potencia, necesitan tensiones superiores a las que podrían soportar las bobinas por su corriente nominal. Entrando en contexto, el motor que se utiliza en el prototipo es el STP-42D208-09, el cual proviene de una fotocopiadora, es un modelo chino de 6 hilos, el cual dispone de 2 bobinas de 2.6 Ohm en serie por cada fase y 1.2 A de intensidad nominal.

Dado que el controlador está diseñado para motores de 4 hilos, se realiza la modificación interna para que las 2 bobinas en serie de cada fase funcionen como una sola de 5,2 Ohm. Según la ley de Ohm deberíamos aplicar 6.42V a cada bobina para que circule la intensidad nominal de 1.2 A. Sin embargo, con la tensión aplicada ni se movería.

Para que el motor funcione correctamente se requiere aplicar una tensión superior, en este caso la fuente de alimentación utilizada es de 12V, al aplicar esta tensión directamente, circularían por la bobina 2.31 A, lo cual degradaría el motor en

poco tiempo. Por tal motivo se utiliza un controlador con limitador de intensidad incorporado, la ley de Ohm debe cumplirse por lo que inevitablemente por la bobina circula una corriente superior a la nominal.

El limitador interrumpe la señal, proporcionando una señal pulsada (PWM), de forma que el valor promedio de la intensidad que atraviesa la bobina es la intensidad nominal del motor.

Una forma de estimar la intensidad del regulador es medir la tensión (V_{ref}) entre el potenciómetro y GND, y aplicar una fórmula que depende del valor de la resistencia R ubicada por el fabricante en el controlador; como se muestra en Figura 8. Hay que tener en cuenta que el valor obtenido mediante esta medición es sólo una aproximación y puede ser inexacto, por lo que se emplea sólo como una calibración inicial, y se realiza el ajuste fino midiendo la corriente real que proporciona el controlador al motor mediante un amperímetro.

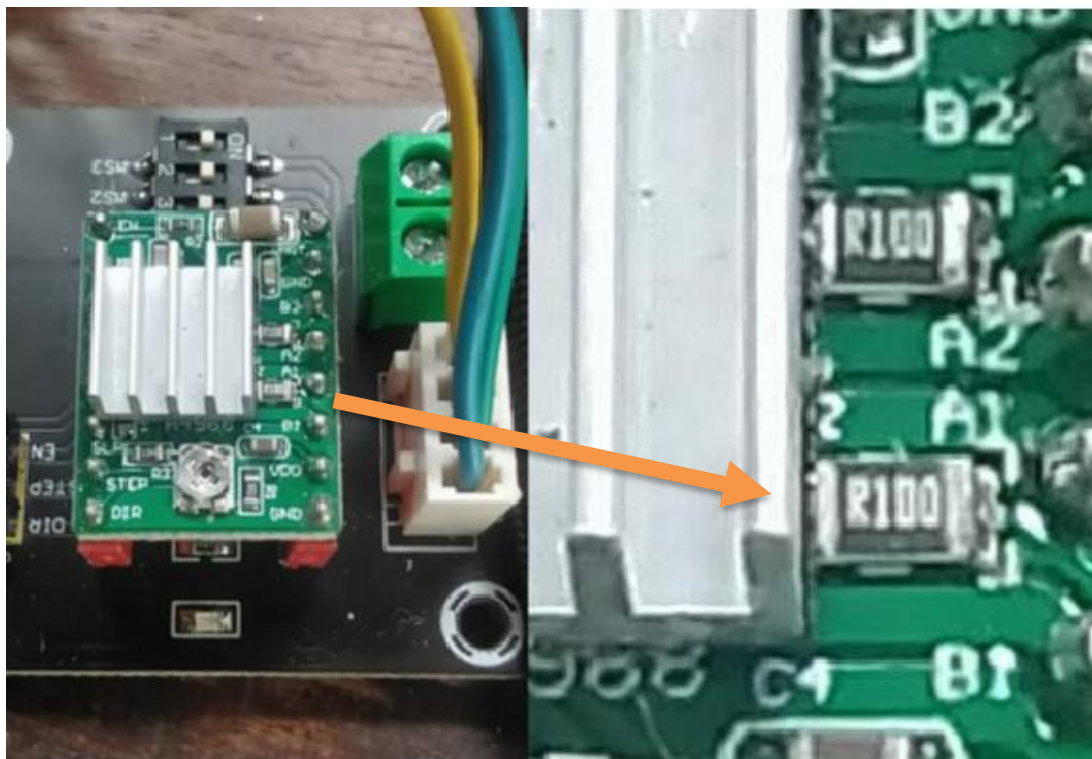


Figura 8 Valor de Resistencia R para medir V_{ref} – (fuente propia).

En la Tabla 4, mostramos los valores típicos de Vref según el valor de R.

		A4988 (I max= 2 A)		
I motor (Amp)	I nominal (71%)	R 050	R 100	R 200
		Vref (Volt)		
0,10	0,07	0,03	0,06	0,11
0,20	0,14	0,06	0,11	0,23
0,30	0,21	0,08	0,17	0,34
0,40	0,28	0,11	0,23	0,45
0,50	0,35	0,14	0,28	0,57
0,60	0,42	0,17	0,34	0,68
0,70	0,49	0,20	0,40	0,79
0,80	0,57	0,23	0,45	0,91
0,90	0,64	0,25	0,51	1,02
1,00	0,71	0,28	0,57	1,13
1,10	0,78	0,31	0,62	1,24
1,20	0,85	0,34	0,68	1,36
1,30	0,92	0,37	0,74	1,47
1,40	0,99	0,40	0,79	1,58
1,50	1,06	0,42	0,85	1,70

Tabla 4 Valores típicos de Vref según especificaciones de motor paso a paso (Datasheet A4988)

En Figura 9 se muestra el ajuste Vref determinado en tabla y el ajuste fino en el controlador A4988.

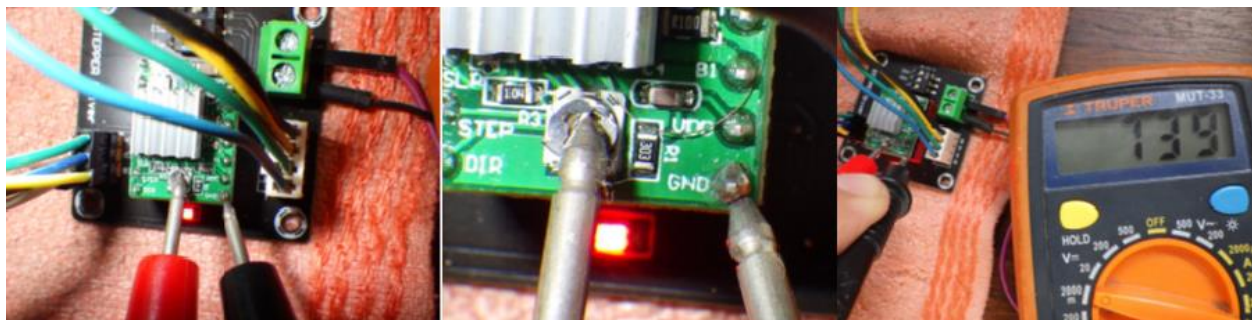


Figura 9 Ajuste fino de voltaje de referencia Vref (Fuente propia)

6.1.3.2.2 Sensor de Temperatura DS18B20

El DS18B20 es un sensor de temperatura que usa el bus de comunicación 1-Wire de Maxim Integrated, lo que permite enviar datos a través de un único conductor.

Entre las ventajas del bus 1-Wire se pueden nombrar las siguiente: soporta múltiples sensores en el mismo bus, permite emplear cables más largos que otros sistemas sin que se deteriore la comunicación, los dispositivos pueden ser alimentados por la misma línea de datos o por una fuente adicional de 3.0 a 5.5V, dispone de un amplio rango de medición -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$ y una precisión superior a $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en el rango -10°C de $+85^{\circ}\text{C}$.

Internamente el sensor DS18B20 está formado por un procesador con múltiples módulos, que se encargan de controlar la comunicación, medir la temperatura, y gestionar el sistema de alarmas, como se muestra a continuación en figura 10.

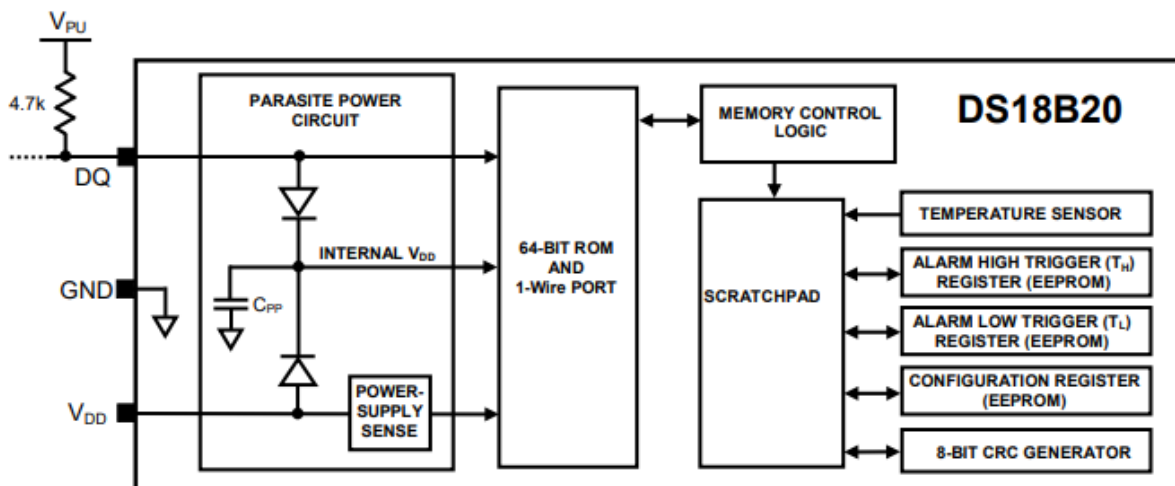


Figura 10 Diagrama de Bloque DS18B20 – (DATASHEET DS18B20).

Conexiones de Hardware

- Alimentación:

Conexión del PIN VDD a la fuente de alimentación 3.3 V a 5.5 V

Conexión del PIN GND a la tierra de la alimentación y GND de Arduino Mega

Conexión del PIN DQ a la entrada Digital de Arduino Mega (PIN DIGITAL 2)

Conexión R 4.7k Ω entre PIN VDD y PIN DQ

Ver Figura 11

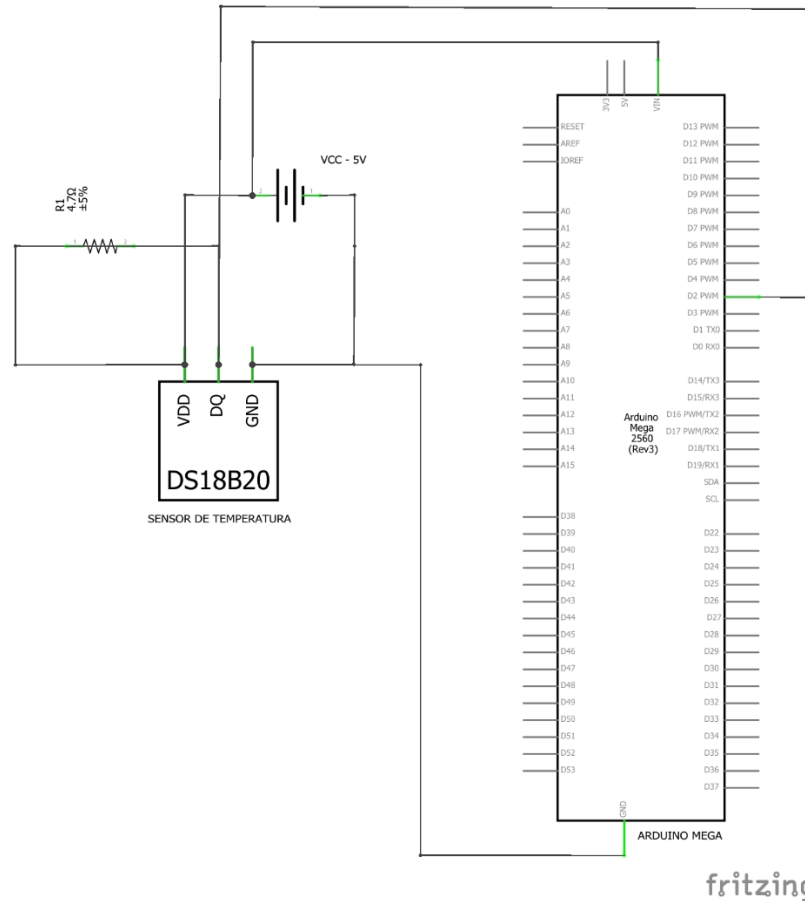


Figura 11 Diagrama esquemático conexión DS18B20 – ATMEGA 2560 (fuente propia).

- **Acondicionamiento de la Señal**

Señalización One-Wire: El DS18B20 utiliza un protocolo de comunicación 1-Wire estricto para garantizar la integridad de los datos. Este protocolo define varios tipos de señales: pulso de reinicio, pulso de presencia, escritura 0, escritura 1, lectura 0 y lectura 1. El master del bus (Arduino Mega) inicia todas estas señales, con la excepción del pulso de presencia.

- **Procedimiento de inicialización, pulsos de reinicio y presencia:**

Toda la comunicación con el DS18B20 comienza con una secuencia de inicialización que consiste en un pulso de reinicio del master, seguido de un pulso de

presencia del DS18B20.

Esto se ilustra en la Figura 12. Cuando el DS18B20 envía el pulso de presencia en respuesta al reinicio, está indicando al master que está presente en el bus y listo para operar.

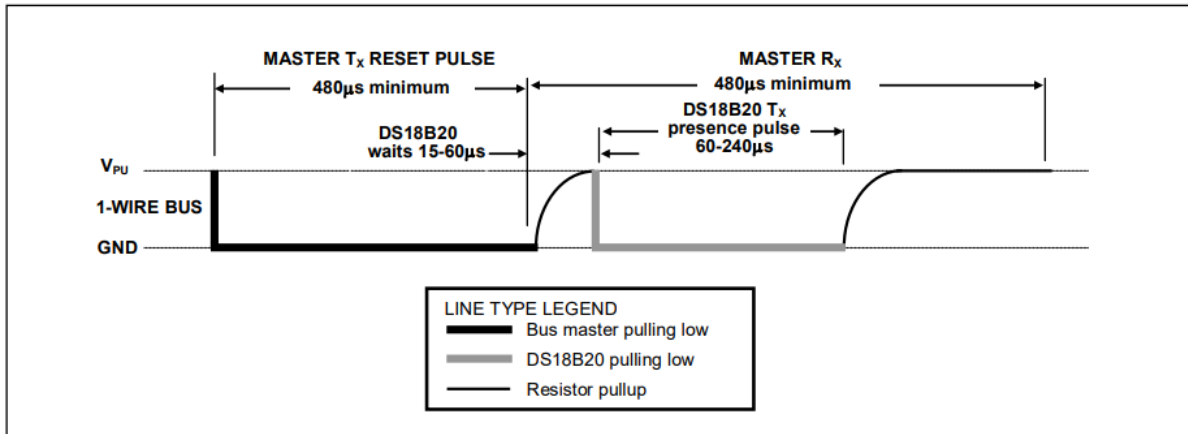


Figura 12 Ilustración del Proceso de Inicialización (DATASHEET DS18B20).

Proceso de inicialización:

Pulso de reinicio: El master del bus (Arduino Mega) comienza la secuencia de inicialización enviando un pulso de reinicio al llevar el bus 1-Wire a nivel bajo durante al menos 480 μs. Este pulso sirve para resetear los dispositivos conectados en el bus 1-Wire.

Liberación del bus: Después de emitir el pulso de reinicio, el master libera el bus, lo que permite que la resistencia de pull-up de 4.7kΩ lleve el bus 1-Wire de nuevo a nivel alto.

Detección del flanco ascendente: Cuando el DS18B20 detecta el flanco ascendente del bus (el cambio de bajo a alto), espera entre 15 μs y 60 μs para asegurarse de que el bus esté en un estado estable.

Pulso de presencia: Después de esta espera, el DS18B20 transmite un pulso de presencia, que consiste en llevar el bus 1-Wire a nivel bajo durante 60 μs a 240 μs. Este pulso indica al maestro que el DS18B20 está presente en el bus y listo para comunicarse.

- **Intervalos de tiempo de Lectura / Escritura**

Intervalos de tiempo de escritura: En los intervalos de escritura, el master envía datos al DS18B20. Durante estos intervalos, el master controla el bus 1-Wire para transmitir bits de datos al DS18B20.

Intervalos de tiempo de lectura: En los intervalos de lectura, el master recibe datos del DS18B20. En estos intervalos, el DS18B20 transmite un bit de datos al maestro, quien debe estar listo para leer el estado del bus.

Un bit por intervalo: Cada intervalo de tiempo (ya sea de lectura o escritura) corresponde a la transmisión de un solo bit de datos a través del bus 1-Wire. Esto significa que para transmitir o recibir varios bits, se deben emitir varios intervalos de tiempo consecutivos.

- **Intervalos de tiempo de Escritura**

Escritura 1: Este intervalo se utiliza para escribir un 1 lógico en el DS18B20. El master lleva el bus 1-Wire a nivel bajo, pero luego debe liberarlo dentro de los primeros 15µs, lo que permite que la resistencia de pull-up de 4.7kΩ lo lleve de nuevo a nivel alto.

Escribir 0: Este intervalo se utiliza para escribir un 0 lógico en el DS18B20. Después de llevar el bus 1-Wire a un nivel bajo, el master debe mantener el bus a nivel bajo durante al menos 60µs para completar el intervalo de tiempo.

Duración mínima de los intervalos: Ambos tipos de intervalos de escritura deben durar al menos 60µs, con un tiempo de recuperación mínimo de 1µs entre intervalos sucesivos para evitar interferencias.

Control del bus: El master controla el bus 1-Wire, iniciando ambos tipos de intervalos al llevar el bus a nivel bajo y luego gestionando el tiempo que debe permanecer en ese estado o ser liberado para generar un 1 lógico o 0 lógico, como se muestra en Figura 13.

El DS18B20 muestrea el bus 1-Wire durante una ventana de tiempo de 15µs a 60µs después de que el maestro inicia el intervalo de escritura. Si el bus está alto durante esta ventana, se escribe un 1 en el DS18B20; si está bajo, se escribe un 0. Esto asegura

que el dispositivo reciba correctamente los datos escritos a través del bus 1-Wire.

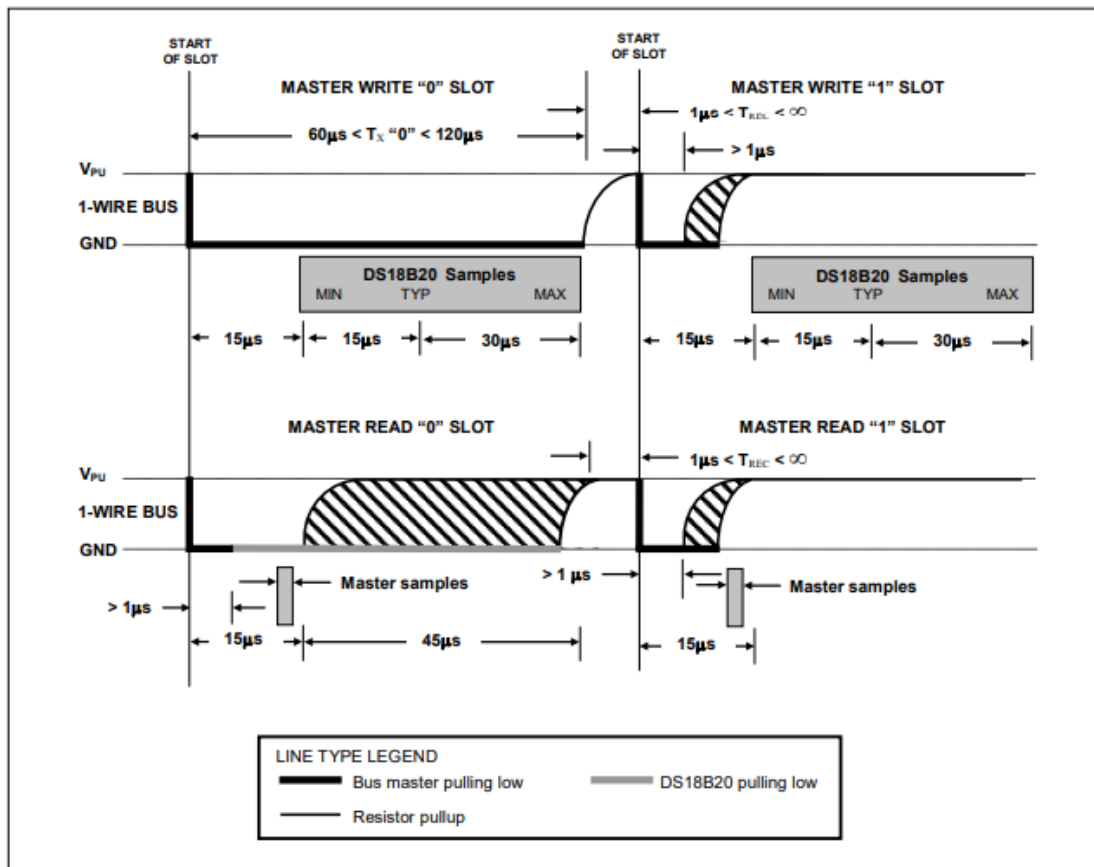


Figura 13 Diagrama que ilustra las secuencias de tiempo de Lectura/Escritura. (DATASHEET DS18B20).

o **Intervalos de tiempo de Lectura**

El master inicia un intervalo de lectura llevando el bus 1-Wire a nivel bajo durante al menos 1μs.

Después de este tiempo, el master libera el bus, lo que permite que la resistencia de pull-up de 4.7kΩ lo lleve de nuevo a nivel alto.

Transmisión de datos del DS18B20:

Una vez iniciado el intervalo de lectura, el DS18B20 comienza a transmitir datos sobre el bus:

Para transmitir un 1 lógico, el DS18B20 deja el bus en nivel alto.

Para transmitir un 0 lógico, el DS18B20 lleva el bus a nivel bajo durante el intervalo.

Liberación del bus:

Si el DS18B20 está transmitiendo un 0, lo libera al final del intervalo. Esto permite que el bus vuelva a nivel alto gracias a la resistencia de pull-up de $4.7k\Omega$ que mantiene el bus en reposo.

Validez de los datos:

Los datos transmitidos por el DS18B20 son válidos durante $15\mu s$ después del flanco de bajada que inicia el intervalo de lectura. El master muestrea el bus dentro de esos $15\mu s$ para obtener el valor correcto (1 o 0).

Recuperación entre intervalos:

Entre cada intervalo de lectura, debe haber al menos $1\mu s$ de tiempo de recuperación para asegurar que las señales en el bus se estabilicen y evitar errores en la comunicación.

La Figura 14 ilustra que la suma de tres tiempos, T_{INIT} (tiempo de inicio del intervalo de lectura), T_{RC} (tiempo de recuperación) y T_{SAMPLE} (tiempo de muestreo), debe ser menor a $15\mu s$ para un intervalo de lectura.

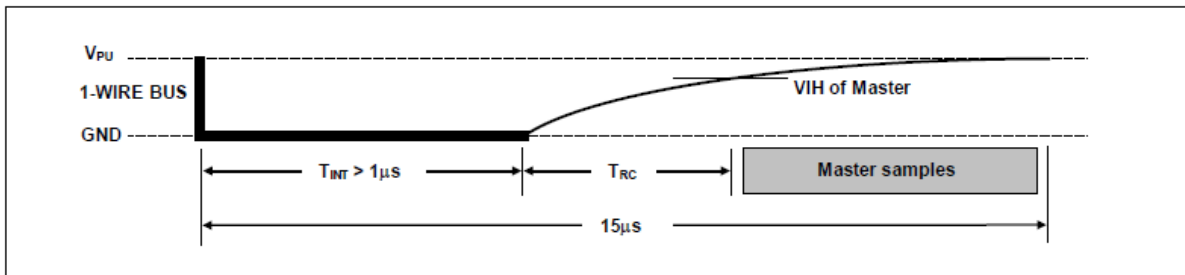


Figura 14 Diagrama que ilustra el Tiempo de Lectura 1 Detallado del Master. (DATASHEET DS18B20).

6.1.3.2.3 Sensor de pH PH4502C

El módulo sensor PH-4502C es un dispositivo que se utiliza para medir el PH en conjunto con un electrodo E201-BNC para un conector BNC. Voltaje de alimentación de 5V lo cual lo hace compatible con tecnologías TTL como lo es Arduino, PIC, AVR, DSP, Raspberry entre otros, siempre y cuando se tenga una entrada analógica (ADC) disponible, en este caso A0, tal como se ilustra en Figura 15.

Conexiones de Hardware

- **Alimentación:**

Conexión del PIN VCC a la fuente de alimentación 5V

Conexión del PIN GND a la tierra de la alimentación y GND de Arduino Mega

Conexión del PIN Po a la entrada Analógica de Arduino Mega (PIN A0)

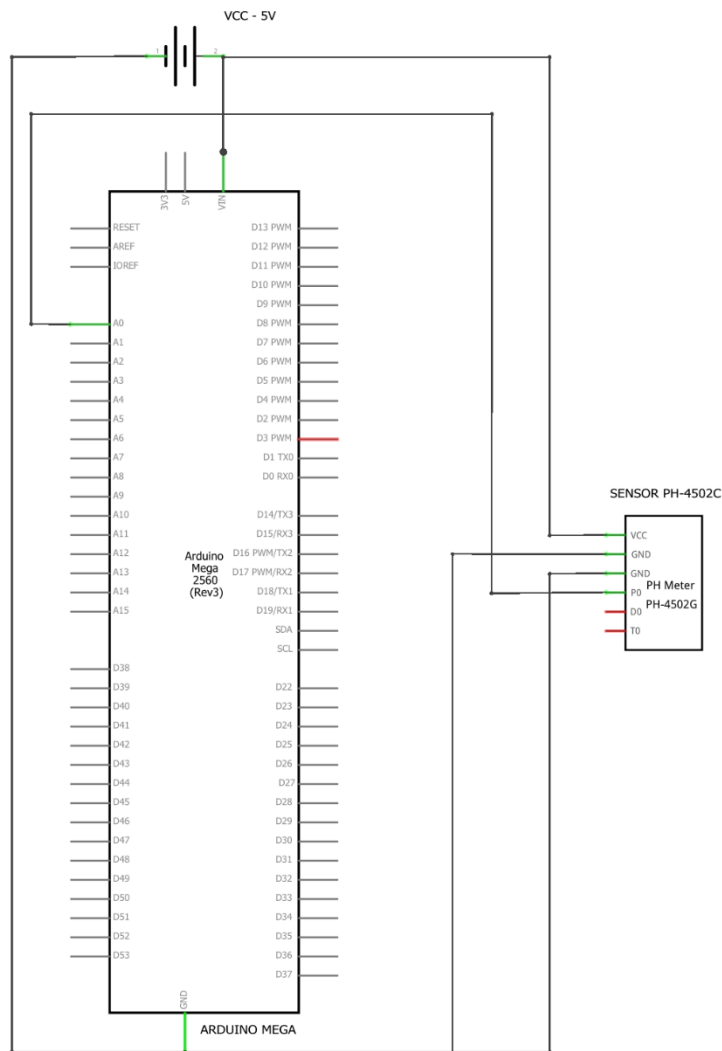


Figura 15 Diagrama esquemático conexión PH4502C – ATMEGA 2560 (fuente propia).

Acondicionamiento de la señal

El proceso de conversión y acondicionamiento de señal para el sensor de pH comienza con la sonda de pH, la cual está diseñada para medir la concentración de iones

de hidrógeno (H^+) en el agua, generando una señal eléctrica proporcional al nivel de acidez o alcalinidad de la muestra. Esta señal, que típicamente se encuentra en el rango de milivoltios (mV), es de naturaleza analógica y está relacionada directamente con el potencial electroquímico generado en el electrodo de referencia y el electrodo de medición de la sonda. Dado que el voltaje generado es relativamente bajo y puede estar afectado por ruidos y fluctuaciones, la señal se envía al módulo de pH.

El módulo de pH convierte la señal de la sonda en un voltaje entre 0 y 5 V, el cual está relacionado con un rango de pH aproximado de 0 a 14, bajo las condiciones estándar termodinámicas, $pH = 7$, significa que la solución es neutra; $pH < 7$, significa que la solución es ácida; $pH > 7$, significa que la solución es alcalina.

El módulo y sus amplificadores operacionales de fábrica vienen ajustados a 0V para un pH neutral = 7, esto significa que el voltaje se volverá negativo cuando se midan valores de pH ácidos y, obviamente, no podrá ser leído por el puerto analógico de Arduino. Para realizar la correcta calibración se debe desconectar la sonda Ph, cortocircuitar el conector BNC y con la ayuda de un destornillador de precisión girar el potenciómetro de compensación (offset), hasta que a la salida del pin PO, el multímetro muestre el valor de 2.5v esperado. Como se ilustra en Figura 16.

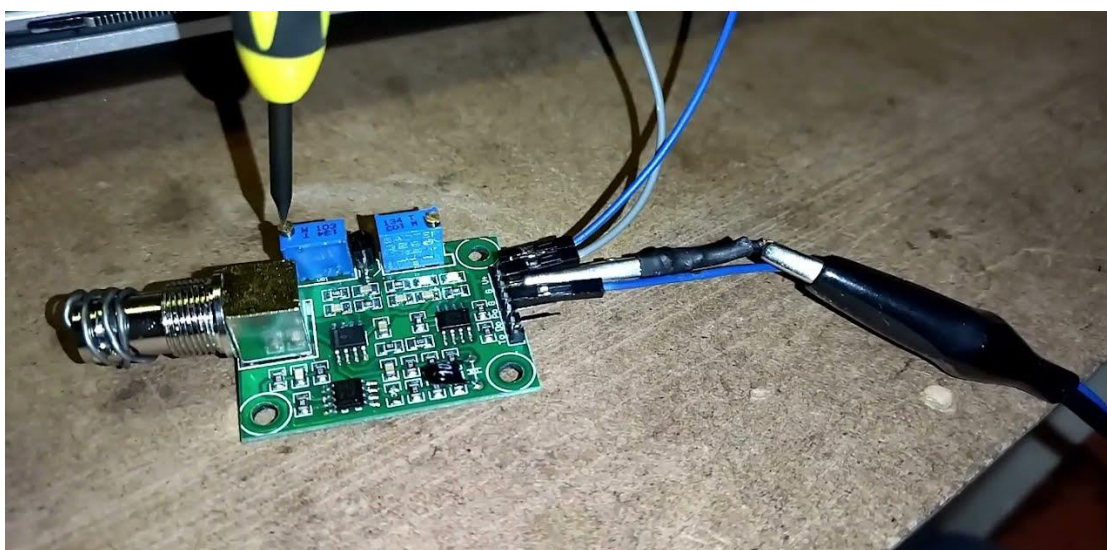


Figura 16 Calibración Módulo PH4502C. (Fuente Propia)

El acondicionamiento electrónico realizado por el módulo incluye el filtrado de ruido a través de filtros pasa-bajo para reducir interferencias de señales indeseadas, y la amplificación de la señal utilizando amplificadores de precisión como el TLC4502, como se muestra en Figura 17, que garantizan que el rango de la señal se ajuste a un nivel adecuado para su lectura posterior, sin distorsionar la información proporcionada por el sensor. En esencia este módulo es un acondicionador de señales que incluye un amplificador operacional (op-amp) para estabilizar y amplificar la señal, asegurando que se mantenga dentro de un rango adecuado para su correcta interpretación por el sistema de control.

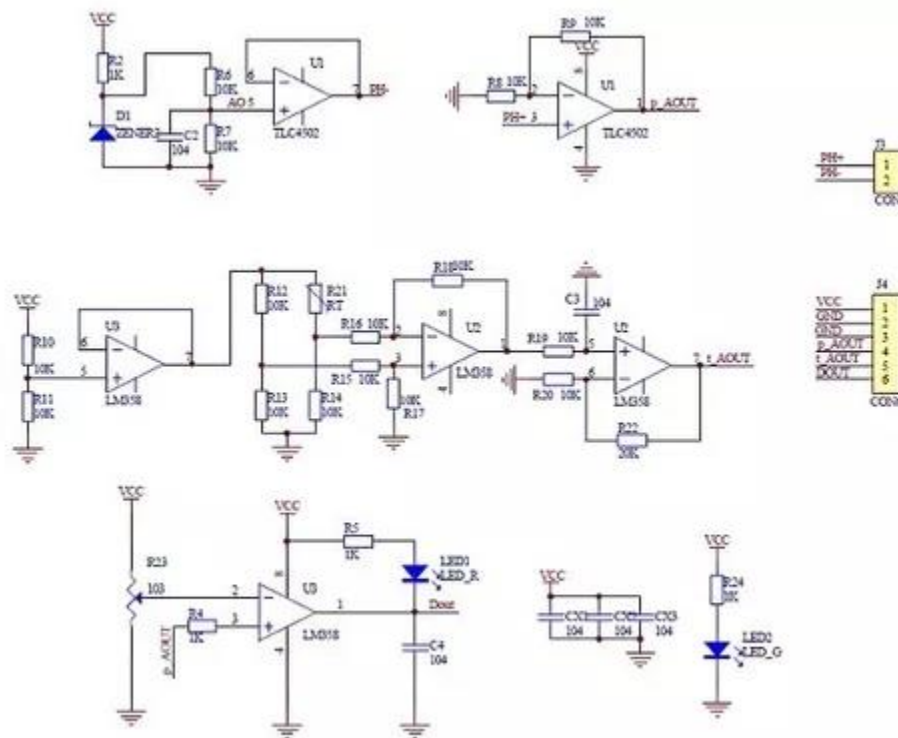


Figura 17 Diagrama esquemático de Módulo PH4502C. (DATASHEET)

El Arduino Mega recibe esta señal a través de uno de sus pines de entrada analógica (A0), donde convierte la señal analógica en un valor digital de 0 a 1023 (debido a la resolución de 10 bits del ADC del Arduino). Para interpretar este valor digital como una lectura de pH, se aplica una fórmula de conversión basada en el voltaje medido:

$$pH = \text{Calibración} - \left(\frac{\text{Voltaje} * 3.5}{1023} \right)$$

Esta fórmula describe cómo calcular el valor de pH a partir de una lectura de voltaje (en un rango de 0 a 1023) obtenida del ADC (convertidor analógico a digital) de un Arduino, donde:

- *Calibración*: es el valor de referencia obtenido durante la calibración inicial, ajustado según el pH de una solución neutra.

- *Voltaje*: corresponde al voltaje obtenido en la entrada analógica del Arduino después de leer la señal del módulo pH.

El Arduino Mega convierte el voltaje leído en un valor de pH utilizando esta fórmula y otros cálculos auxiliares, y el resultado se muestra en tiempo real en un display conectado. Simultáneamente, el valor de pH se envía a la plataforma Blynk a través del módulo GSM, permitiendo el monitoreo remoto y en tiempo real del nivel de pH del sistema de agua.

Este flujo de toma, acondicionamiento, procesamiento y transmisión de datos asegura que las lecturas de pH sean precisas y confiables, manteniendo el entorno acuático dentro de los parámetros óptimos para el criadero.

6.1.3.2.4 Sensor de nivel de Agua (Ultrasónico JSN-SR04T)

El módulo de medición de distancia ultrasónica JSN-SR04T puede proporcionar funciones de detección de distancia sin contacto en un rango de 20 cm a 600 cm, con una precisión de hasta 2 mm. El módulo incluye el transceptor de un sensor ultrasónico integrado y un circuito de control.

- **Configuración de la Señal**

TRIGGER: Este pin al recibe un pulso de activación el cual hace que el módulo ultrasónico emita una onda de sonido. Esta acción inicia el proceso de medición de distancia, y el módulo espera luego el ECHO para calcular la distancia al objeto.

ECHO: Pin que detecta la señal de eco, mide el tiempo que tarda la onda sonora en viajar hasta el objeto y regresar.

Conexiones de Hardware

- **Alimentación:**

Conexión del PIN VDD a la fuente de alimentación 5.5 V

Conexión del PIN GND a la tierra de la alimentación y GND de Arduino Mega

Conexión del PIN TRIGGER a la entrada Digital de Arduino Mega (PIN DIGITAL 15)

Conexión del PIN ECHO a la entrada Digital de Arduino Mega (PIN DIGITAL 14)

Ver Figura 18.

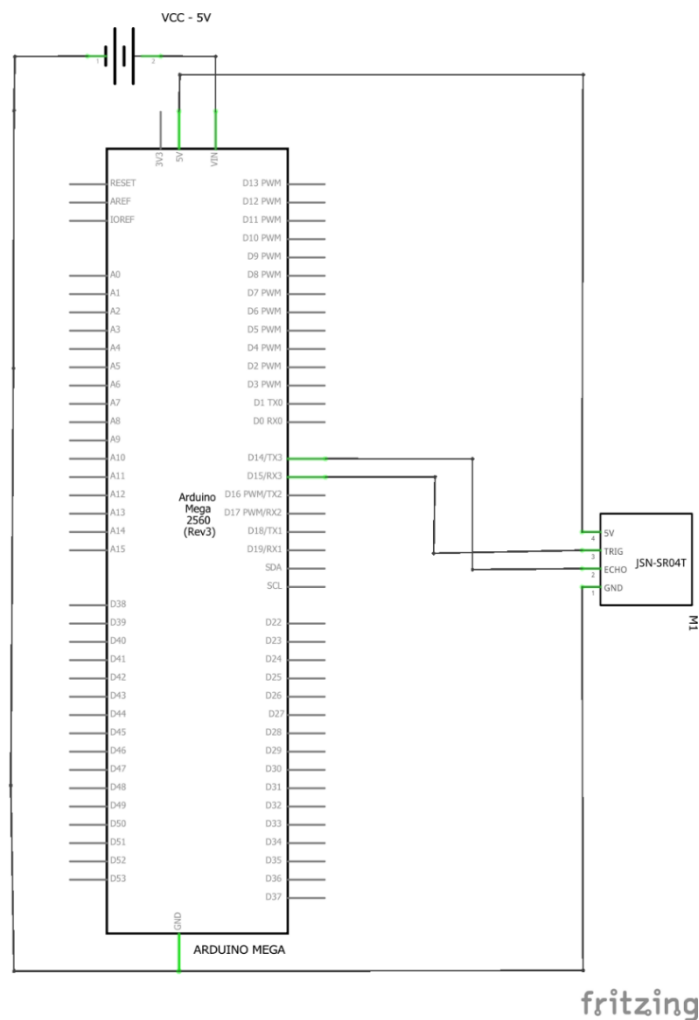


Figura 18 Diagrama esquemático conexión JSN-SR04T – ATMEGA 2560 (fuente propia).

- **Acondicionamiento de la Señal**

Transmisión: El pin TRIGGER recibe una señal digital de activación (usualmente un pulso de 10 microsegundos de duración) desde el Arduino Mega.

Generación del pulso ultrasónico: Al recibir la señal de activación en el pin TRIGGER, el módulo genera una señal de onda cuadrada de 8 pulsos de 40KHz. Esta onda se emite desde el transceptor del sensor en forma de pulso ultrasónico que se propaga a través del aire, a como se ilustra en Figura 19.

Reflexión: La onda sonora luego rebota en el objeto (esto es el eco) y regresa al sensor

Recepción: En el pin ECHO se recibe una señal de retorno proveniente de la onda sonora reflejada, se genera un nivel alto, y el tiempo de ese nivel alto es la duración del ultrasonido desde su emisión hasta su retorno

Proceso de medición: Basado en el retraso de tiempo entre la emisión del pulso y la recepción del eco, la distancia al objeto se calcula utilizando la fórmula:

$$DISTANCIA = \frac{TIEMPO(s) * VELOCIDAD DEL SONIDO(cm/s)}{2}$$

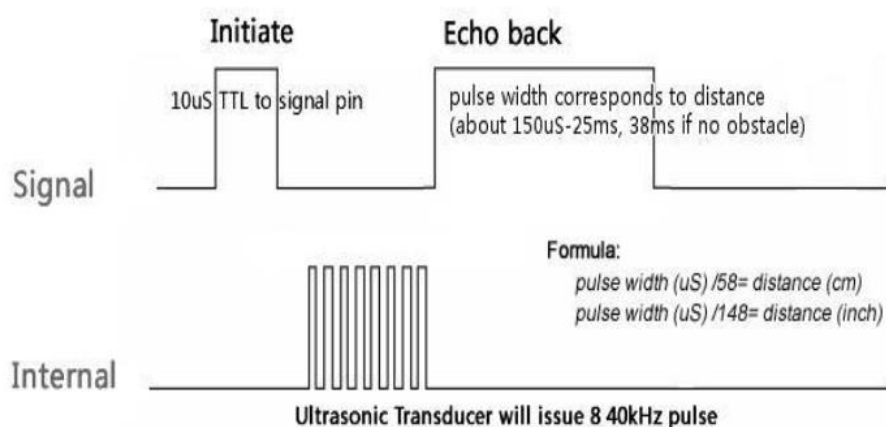


Figura 19 Diagrama de temporización Ultrasónico (DATASHEET JSN-SR04T-2.0).

Ejemplo Práctico basado en el proyecto

Tiempo Echo: 2915 μ s

Conversión de tiempo de microsegundos a segundos

$$TIEMPO (s) = 2915\mu s * \left(\frac{1s}{1000000\mu s}\right) = 2915 * 10^{-6} s = 0.002915 s$$

Aplicación de fórmula para calcular la distancia

$$DISTANCIA (cm) = \frac{0.002915 s * 34300 cm/s}{2} = 50.15 cm$$

- **Notas:**

La división por 2 es necesaria porque el tiempo medido corresponde al tiempo de ida y retorno hasta el objeto.

La velocidad del sonido en el aire es aproximadamente 34300 cm/s (a temperatura ambiente).

6.1.3.3 Descripción del código Arduino Mega.

El software de base para programar placas Arduino es el Arduino IDE (Integrated Development Environment), que proporciona las herramientas necesarias para escribir y cargar código en las placas Arduino. Alguna de las características y funcionalidades principales del Arduino IDE:

Editor de Código: Incluye un editor de texto donde puedes escribir y modificar tu código en lenguaje C/C++.

Compilador: El IDE utiliza el compilador GCC para convertir tu código en lenguaje máquina que la placa Arduino puede entender.

Gestión de Librerías: Facilita la instalación y gestión de librerías adicionales que extienden las capacidades de las placas Arduino.

Monitor Serie: Permite la comunicación bidireccional entre tu computadora y la

placa Arduino a través del puerto serie, lo cual es útil para depurar y enviar mensajes desde la placa.

Herramientas de Carga: Permite cargar el código compilado en la placa Arduino a través de USB o de otros métodos de comunicación admitidos por la placa.

Compatibilidad con Placas Arduino: Es compatible con una amplia gama de placas Arduino, desde las más básicas como la Arduino Uno hasta modelos más avanzados como la Arduino Mega o las placas basadas en ARM como la Arduino Due.

Multiplataforma: Está disponible para Windows, macOS y Linux, lo que permite a los usuarios de diferentes sistemas operativos programar placas Arduino de manera uniforme.

Extensible y Personalizable: Puedes extender las funcionalidades del IDE mediante plugins y ajustar la configuración según tus necesidades específicas.

6.1.3.4 Lenguaje de programación.

El editor de código en el Arduino IDE es la herramienta principal donde puedes escribir y modificar tu código en lenguaje C/C++ para programar placas Arduino. Entre las funcionalidades de este editor, están las siguientes.

1. **Interfaz de Usuario:** El editor tiene una interfaz simple y directa, centrada en la edición de texto. Es fácil de usar y está diseñado para ser accesible para principiantes en la programación.

2. **Edición de Texto:** Puedes escribir tu código directamente en el área de edición del editor. Soporta todas las funciones básicas de un editor de texto, como escribir, borrar, copiar y pegar texto.

3. **Resaltado de Sintaxis:** El editor ofrece resaltado de sintaxis para el lenguaje C/C++, lo que significa que diferentes partes del código como palabras clave, variables, funciones y comentarios son resaltados con colores distintivos. Esto facilita la lectura y la comprensión del código.

4. **Autocompletado:** El IDE proporciona funciones de autocompletado que sugieren palabras clave, variables y nombres de funciones a medida que escribes. Esto puede ayudarte a escribir código más rápido y reducir errores de sintaxis.

5. **Indentación Automática:** El IDE también puede ajustar automáticamente la indentación del código, lo cual es útil para mantener una estructura clara y organizada en el código fuente.

6. **Gestión de Archivos:** Puedes crear, abrir y guardar múltiples archivos de código fuente en un proyecto. Esto te permite organizar tu código en diferentes archivos según la lógica y funcionalidad de tu programa.

7. **Búsqueda y Reemplazo:** El editor incluye funciones de búsqueda y reemplazo que permiten encontrar rápidamente partes específicas del código y modificarlas según sea necesario.

8. **Marcadores y Puntos de Referencia:** permite colocar marcadores en líneas específicas del código para regresar a ellas rápidamente más tarde. Esto es útil para navegar por archivos grandes o para recordar secciones importantes del código.

9. **Integración con Herramientas de Desarrollo:** Está integrado con otras herramientas necesarias para compilar y cargar el código en la placa Arduino, como el compilador y el gestor de carga. Esto te permite desarrollar y depurar tu código de manera eficiente desde el mismo entorno.

En conclusión, el editor de código en el Arduino IDE es una herramienta fundamental y bien integrada que facilita la escritura, edición y gestión de programas en lenguaje C/C++ destinados a placas Arduino, proporcionando las características esenciales para el desarrollo de proyectos.

6.1.3.5 Desarrollo del código Arduino Mega.

Este código combina lecturas de sensores con funcionalidad de IoT utilizando Blynk, control de motor paso a paso y salida de pantalla LCD, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que involucran monitoreo y control remoto de parámetros ambientales.

6.1.3.5.1 Encabezado y definiciones del código.

En esta sección se definen macros y constantes que configuran parámetros clave para el funcionamiento del sistema. Estas definiciones incluyen la configuración de Blynk (como el ID de plantilla y el token de autenticación), los pines utilizados por los sensores y actuadores (como el pin del relé, el bus de comunicación OneWire para el sensor de temperatura DS18B20 y los pines para el sensor de pH PH4502C y el sensor de temperatura), y la dirección y tamaño de la pantalla LCD.

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#define ONE_WIRE_BUS 2
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2PZawZ1qa"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Quickstart Template"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "6nzAxrHfyo5jSC6W_YSzKs2j-x6fK9XC"
#define TINY_GSM_MODEM_SIM900
#define RELAY_PIN 4
#define NIVEL_AGUA_PIN A0 // Pin analógico al que está conectado el sensor de nivel
de agua
#define PH4502C_PH_LEVEL_PIN A0 // Define the pH level pin and temperature pin
#define PH4502C_TEMP_PIN A1
#define LCD_ADDRESS 0x27// Dirección I2C de la pantalla LCD 20x4
#define LCD_COLUMNS 20// Número de columnas y filas de la pantalla LCD
```

#define LCD_ROWS 4

Directiva #define BLYNK_PRINT Serial, redirige la salida de depuración de Blynk hacia el puerto serial. Esto es útil para diagnosticar problemas de conexión y depurar la comunicación con el servidor Blynk.

Directiva #define ONE_WIRE_BUS 2, indica que el bus OneWire, utilizado para la comunicación con dispositivos como el sensor de temperatura DS18B20, está conectado al pin digital 2 del microcontrolador.

Directivas de Blynk, estas directivas definen los parámetros de configuración para la conexión con el servidor Blynk:

- BLYNK_TEMPLATE_ID: Identificación de la plantilla específica en Blynk.
- BLYNK_TEMPLATE_NAME: Nombre de la plantilla en Blynk.
- BLYNK_AUTH_TOKEN: Token de autenticación necesario para la conexión segura con el servidor Blynk.

Directiva #define TINY_GSM_MODEM_SIM900, especifica que se está utilizando un módem GSM SIM900 con la biblioteca TinyGSM. Esto es fundamental para la configuración y comunicación con la red GSM.

Directiva #define RELAY_PIN 4, indica que el pin digital 4 del microcontrolador se utiliza para controlar un relé. El relé es comúnmente utilizado para activar o desactivar dispositivos de mayor corriente o voltaje.

Directiva #define NIVEL_AGUA_PIN A0, especifica que el sensor de nivel de agua está conectado al pin analógico A0 del microcontrolador. Este sensor proporciona datos sobre el nivel de agua en un recipiente o tanque.

Directivas para el sensor PH4502C, Estas definen los pines utilizados para el sensor PH4502C:

- PH4502C_PH_LEVEL_PIN: Pin analógico A0 donde está conectado el

sensor de nivel de pH.

- PH4502C_TEMP_PIN: Pin analógico A1 donde está conectado el sensor de temperatura asociado al pH.

Directivas para la pantalla LCD, configuran la pantalla LCD utilizada.

- LCD_ADDRESS: Dirección I2C de la pantalla LCD, que es 0x27 en este caso, esencial para la comunicación I2C con el microcontrolador.
- LCD_COLUMNS: Número de columnas de la pantalla LCD, configurado en 20.
- LCD_ROWS: Número de filas de la pantalla LCD, configurado en 4. Estas configuraciones son cruciales para la correcta inicialización y uso de la pantalla LCD 20x4.

6.1.3.5.2 Librerías Arduino.

Cada Librería proporciona funciones y métodos específicos para interactuar con hardware o servicios externos, como el módem GSM, la plataforma Blynk, el sensor de temperatura Dallas, la comunicación I2C para la pantalla LCD y el sensor de pH PH4502C.

```
#include <TinyGsmClient.h>
#include <BlynkSimpleTinyGSM.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ph4502c_sensor.h>
```

6.1.3.5.3 Variables globales y Objetos.

En esta sección se declaran y se inicializan objetos y variables globales que serán utilizados a lo largo del programa. Esto incluye la inicialización de objetos para la comunicación con la pantalla LCD, el sensor de temperatura Dallas, el módem GSM a través de un puerto de comunicación serial software, y el sensor de pH PH4502C.

```
LiquidCrystal_I2C lcd(LCD_ADDRESS, LCD_COLUMNS, LCD_ROWS);
DallasTemperature temperatureSensor(&oneWire);
SoftwareSerial SerialAT(10, 11);
TinyGsm modem(SerialAT);
PH4502C_Sensor phSensor(PH4502C_PH_LEVEL_PIN, PH4502C_TEMP_PIN);
```

6.1.3.5.4 Funcion ´Setup ()´.

La función ´setup ()´ se ejecuta una vez al iniciar el programa. Lo que permite realizar las inicializaciones necesarias:

- Inicialización del sensor de temperatura.
- Inicialización de la comunicación serial para depuración y para el módem GSM.
- Reinicio del módem GSM y desbloqueo de la tarjeta SIM.
- Inicio de la comunicación con el servidor Blynk.
- Inicialización del sensor de pH.
- Configuración de pines de salida y dirección para el control del relé y del motor paso a paso.
- Movimiento del motor paso a paso para una rotación completa.
- Mensajes de inicialización y limpieza de la pantalla LCD.

```
void setup() {
  temperatureSensor.begin();
  Serial.begin(9600);
  delay(10);
  SerialAT.begin(9600);
  delay(3000);
  Serial.println("Inicializando modulo GSM...");
  modem.restart();
  modem.simUnlock("1234");
  Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, modem, apn, user, pass);
```

```

// Inicializa el sensor pH
pHSensor = PH4502C_Sensor(PH4502C_PH_LEVEL_PIN, PH4502C_TEMP_PIN);

pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Se debe asegurar de que el relé esté apagado al
inicio

// Inicializa la pantalla LCD
lcd.begin(LCD_COLUMNS, LCD_ROWS);

// Imprime un mensaje de inicio en la pantalla
lcd.print("Iniciando...");

delay(2000); // Espera 2 segundos

lcd.clear(); // Limpia la pantalla

pinMode(enablePin, OUTPUT);
pinMode(StepPin, OUTPUT);
pinMode(dirPin, OUTPUT);
digitalWrite(enablePin, LOW);

digitalWrite(dirPin, HIGH); // Establece la dirección del motor

// Número de pasos que dará el motor para una vuelta completa
int nbPas = 3200; // Esto puede ajustarse según las necesidades

// Hacer girar el motor un ángulo determinado
for (int i = 0; i < nbPas; i++) {
    digitalWrite(StepPin, HIGH);

```

```

delayMicroseconds(500); // Duración de los pulsos
digitalWrite(StepPin, LOW);
delayMicroseconds(2000); // Intervalo entre pulsos (velocidad)
}
}

```

6.1.3.5.5 Funcion 'Void Loop ()'.

La función 'Void Loop' es un bucle infinito que se ejecuta continuamente después de que Arduino inicializa el programa. Una vez que el código dentro de void setup() se ejecuta una vez al inicio, el control pasa a void loop() y se repite indefinidamente.

```

void loop() {
  Blynk.run();

  float temperature = readTemperature();
  float phValue = pHSensor.read_ph_level();

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temp: ");
  lcd.print(temperature);
  lcd.print("C");

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("pH: ");
  lcd.print(phValue);

  delay(1000);

  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(temperature);
}

```

```
Serial.println("C");
```

```
Serial.print("pH Value: ");
```

```
Serial.println(phValue);
```

```
Blynk.virtualWrite(V1, temperature);
```

```
Blynk.virtualWrite(V2, phValue);
```

6.1.3.6 Plataforma Blynk

Blynk es presentado como un paquete de software integral que permite la creación de prototipos, la implementación y la gestión remota de dispositivos electrónicos conectados a cualquier escala, Analiza, muestra datos históricos y en tiempo real de los dispositivos, controla de forma remota desde cualquier lugar, recibe notificaciones importantes preconfiguradas.

6.1.3.6.1 Configuración inicial

Blynk se utilizó para monitorear y controlar diversos aspectos del sistema que incluye un sensor de temperatura, un sensor de pH, y un motor paso a paso. El código se podemos apreciar la integrar de la plataforma Blynk mediante el módulo GSM para enviar datos a la aplicación móvil Blynk y recibir actualizaciones en tiempo real.

6.1.3.6.2 Creación del proyecto y Diseño de la Interfaz Visual

Para el diseño de la interfaz visual del sistema, se utilizó la plataforma Blynk, que permite crear interfaces interactivas de manera sencilla mediante la combinación de templates y widgets. El proceso comenzó con la creación de un nuevo proyecto dentro de la plataforma, donde se seleccionaron los parámetros adecuados para el tipo de dispositivo y la conexión. A partir de allí, se configuró el template, que sirvió como base para organizar la distribución de los elementos visuales.

Dentro del template, se agregaron widgets específicos para mostrar información clave en tiempo real, como los niveles de agua, la temperatura, el pH, y otros parámetros importantes. Los widgets utilizados incluyeron indicadores de valores, gráficos, botones de control, y notificaciones para alertas, entre otros, permitiendo al usuario monitorear y gestionar el sistema de manera intuitiva. Las alertas se configuraron para notificar al usuario sobre condiciones críticas, como un nivel de agua fuera de rango o temperatura elevada, lo que permite tomar acciones rápidamente.

A continuación, se muestra en Figura 20 la configuración de las alertas en Blynk, que muestra cómo se han establecido los parámetros y los métodos de notificación para cada tipo de alerta.

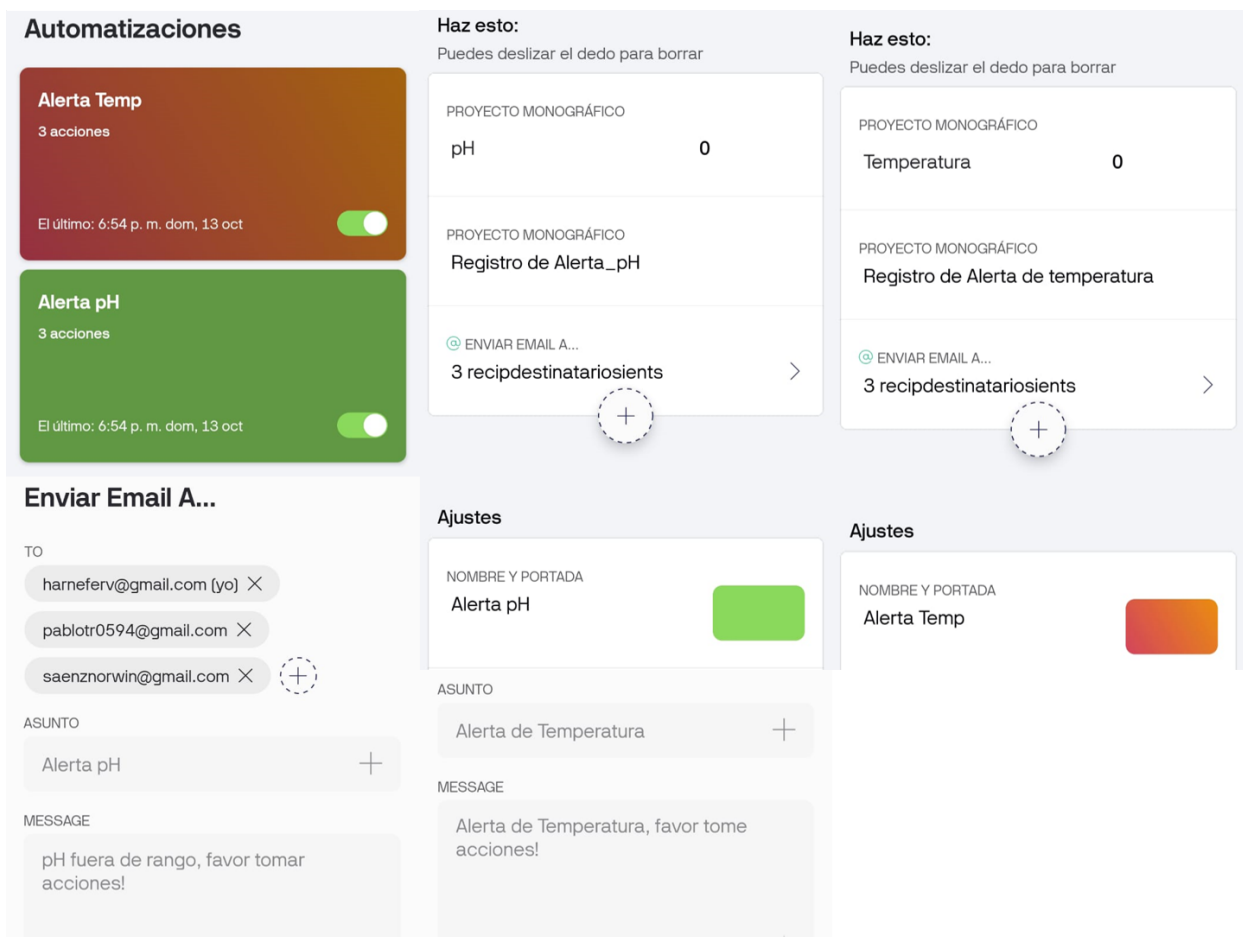


Figura 20 Configuración de alertas en Blynk IoT (fuente propia).

Una vez configuradas las alertas, la interfaz fue diseñada para ser fácil de navegar y proporcionar información clara, con actualizaciones en tiempo real gracias a la integración con el módulo GSM.

En Figura 21 se muestra la interfaz final que refleja el diseño y la organización de los widgets en el template de Blynk.

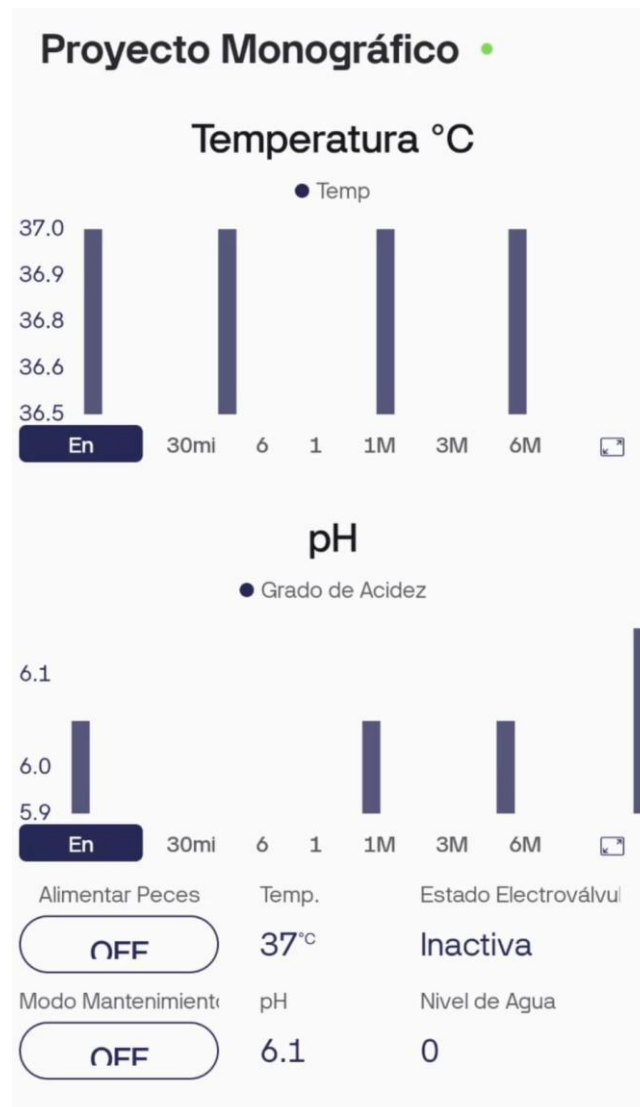


Figura 21 Interface de monitoreo Blynk IoT (fuente propia).

6.1.3.6.3 Comunicación entre Blynk IoT y Arduino.

El código configura el módulo GSM (en este caso, el SIM900) para conectarse a la red móvil y autenticar el dispositivo con Blynk utilizando un token de autenticación. Esto establece la comunicación entre el Arduino y la aplicación móvil Blynk, previamente se definió los parámetros necesarios para la conexión a la red móvil. Estos parámetros incluyen el APN (Access Point Name) "internet.tigo.ni", nombre de usuario "tigoni" y contraseña "tigoni" (si es necesarios).

6.1.4 Etapa de implementación

Antes de proceder con la instalación del prototipo en el estanque ubicado en el criadero FOX, se llevaron a cabo varias actividades preliminares entre ellas se revisó el estado físico del estanque, ubicaciones específicas para la instalación de sensores y el alimentador automatizado, Se verificó la disponibilidad de fuentes de energía cercanas. para asegurar que todos los componentes estuvieran listos y que el entorno estuviera preparado para la instalación.

6.1.4.1 Instalación de sensores y actuadores

Se inspeccionaron los sensores de temperatura, pH y ultrasónico para volumen de agua con el fin de asegurarse de que estuvieran en buenas condiciones lo que permitió comprobar que todos los sensores estuvieran calibrados y funcionando correctamente, posterior se iniciaron a realizar pruebas fuera del estanque para verificar la precisión de las lecturas y asegurar que los sensores respondieran adecuadamente a cambios en el entorno.

Se instalaron los sensores para el monitoreo de parámetros como temperatura, pH, y niveles de agua y/o volumen de agua. También se instalarán los actuadores para el control de la alimentación automática. Cada componente se montará siguiendo las especificaciones técnicas del diseño.

Los sensores y actuadores fueron conectados al sistema de control central.

Previamente se compilo y cargo el código al arduino mega, ajustando los parámetros necesarios para asegurar que los equipos operaran de manera eficiente y acorde a las necesidades del estanque.

6.1.4.2 Validación y Ajustes

Se realizaron pruebas exhaustivas en condiciones reales para evaluar el desempeño del prototipo. Durante estas pruebas, se monitorizaron los resultados y se realizaron ajustes en los parámetros del sistema para optimizar su rendimiento. Estas pruebas confirmaron la efectividad del prototipo en el entorno real del criadero.

Durante las pruebas se detectaron algunos detalles los cuales se abordado de inmediato. Se llevaron a cabo ajustes necesarios en el hardware y software del sistema para resolver los inconvenientes y asegurar un funcionamiento sin fallos.

Se brindó capacitación integral al personal del criadero FOX sobre el uso y mantenimiento del nuevo sistema. Esta capacitación incluyó instrucciones detalladas sobre la operación del prototipo, la interpretación de los datos de monitoreo y la realización de tareas de mantenimiento básico.

Se elaboró una documentación exhaustiva sobre la instalación, configuración y operación del prototipo. Esta documentación fue proporcionada al personal del criadero y servirá como referencia para futuras actualizaciones y mantenimientos del sistema.

La fase de implementación concluyó con éxito, logrando establecer un sistema eficaz para el control de alimentación y monitoreo del estanque artesanal. El prototipo demostró ser funcional y fiable, contribuyendo a la mejora en la crianza y reproducción de peces ornamentales en el criadero FOX.

6.1.5 Etapa de Evaluación.

La etapa de evaluación fue realizada después de la implementación del prototipo en el criadero FOX, ubicado en Niquinohomo, Masaya. Durante esta fase, se monitoreó el funcionamiento del sistema automatizado para asegurar que los componentes del sistema cumplieran con los objetivos establecidos.

Se realizaron pruebas específicas para evaluar la efectividad del sistema de control automatizado en la rutina de alimentación y monitoreo de las variables ambientales. Se observó que el sistema, utilizando la tecnología Arduino, junto con la plataforma Blynk IoT, logrando visualizar y recopilar los datos de pH y temperatura en el estanque de manera estable y en tiempo real. Además, la automatización del proceso de alimentación resultó en una alimentación consistente y sin interrupciones para los peces.

Las alertas generadas por el sistema a través de la tecnología GSM son precisas y oportunas, esto permite una respuesta rápida ante cualquier incidencia, lo cual es crucial para mantener la calidad y cuidado de los peces.

7 Análisis y presentación de resultados

En esta sección se presentan las pruebas más significativas realizadas durante el desarrollo del proyecto, con el fin de evaluar el funcionamiento del sistema en relación con los objetivos establecidos.

7.1 Prueba de volumen de agua

Como se ha mencionado anteriormente, el cambio y la cantidad de agua son aspectos fundamentales, ya que representan la primera línea de defensa para prevenir enfermedades en los peces. Para garantizar la calidad del agua en el estanque, se programan cambios mensuales, realizados de manera manual por el responsable de mantenimiento del criadero. Estos cambios son parciales, oscilando entre el 25% y el 30% del total del agua.

Considerando el fenómeno de evaporación, el sistema monitoriza continuamente el nivel de agua en el estanque. Cuando el sensor ultrasónico detecta un nivel bajo, envía una señal al microcontrolador, que activa la electroválvula para rellenar el estanque. Una vez que se alcanza el nivel óptimo, el microcontrolador envía la orden para cerrar la electroválvula.

Dado que los cambios de agua se llevan a cabo de forma programada y manual, se ha incorporado al sistema una función de mantenimiento. Esta función detiene la lectura del sensor y la operación de la electroválvula, permitiendo al usuario realizar el mantenimiento del estanque sin interrupciones.

7.2 Prueba comunicación arduino /sim900/ Blynk IoT

Durante las pruebas, se observaron las respuestas del módulo SIM900 en el Monitor Serial del IDE de Arduino, confirmando la correcta ejecución de los comandos AT para configurar la red GPRS y realizar la solicitud HTTP. Al final del proceso, se verificó en la aplicación Blynk IoT que el valor de los pines virtuales V0 – V5 se actualizaron correctamente, demostrando que el Arduino pudo comunicarse eficazmente con el módulo SIM900 y enviar datos a la plataforma Blynk IoT en tiempo real. Esta prueba confirma que el sistema de comunicación está funcionando como se esperaba, con una respuesta exitosa y una integración efectiva entre el hardware y la plataforma de IoT.

La prueba se extendió por más de 6 horas continuas sin pérdida de comunicación entre el Arduino, el SIM900 y la plataforma Blynk IoT. En todo momento, el módulo LCD mostró de manera constante los valores actualizados de temperatura, pH y nivel de agua, corroborando la estabilidad y fiabilidad del sistema. Este resultado confirma que el sistema de comunicación funciona de manera robusta y continua, con una integración efectiva y sin interrupciones.

7.3 Prueba de monitoreo de temperatura y PH.

El sensor de temperatura mostró una respuesta estable y precisa en las variaciones térmicas del agua, para comprobar la precisión de los resultados se realizaron comparaciones de las lecturas con un termómetro de mercurio mostrando resultados precisos.

Para conocer el ph del agua en el estanque, fue necesario la ayuda de los administradores del criadero con el uso de un kit de reacción química para comparativa del resultado de la sonda ph previamente calibrada. Para calibrar el sensor de Ph, se consideró que el rango de tolerancia de ph en el estanque debe rondar entre 6 y 7.5. Sabiendo esto se utilizó la solución de 6.86 disolviéndola en 250 ml de agua destilada y ajustando el potenciómetro del sensor para obtener el valor específico.

Los resultados obtenidos mediante las pruebas de los sensores de pH y temperatura se visualizaron en tiempo real a través de la plataforma Blynk IoT, garantizando la recopilación de los datos de manera estable y robusta mediante la red GSM, gracias las características de la plataforma Blynk IoT se puede visualizar un historial de los datos recopilados de los últimos 6 meses, esto permite realiza proyecciones y estadísticas del comportamiento del estanque.

7.4 Pruebas del alimentador de peces

La alimentación automática de los peces es también una de las funciones fundamentales del sistema. El encargado de mantenimiento y supervisión del estanque, indica que alimentan los peces en 2 periodos al día, por la mañana a las 8:00 a.m. y por la tarde a las 04:00 p.m., por lo tanto, se procedió a configurar el código, de tal manera que activa el motor paso a paso realizando 5 giros lo que permite que el mecanismo proporcione la cantidad de 8.5 g de comida en el horario especificado.

Adicionalmente se consideró agregar una función que permite alimentar los peces en

cualquier momento del día según sea el criterio del encargado del criadero, por lo que a nivel de código se agregó una función y un pin virtual en Blynk IoT que permite accionar el motor paso a paso y suministrar 8.5 gramos de alimento para los peces.

7.5 Costos generales del prototipo

El presente proyecto se desarrolla con fines exclusivamente académicos, en el marco de la tesis final para la culminación de la carrera. Desde su concepción, el proyecto no fue planteado con un enfoque comercial ni con la intención de generar rentabilidad.

Es importante mencionar que, además de ser un requisito para culminación de carrera y optar al título de ingenieros electrónicos, este proyecto surge como una respuesta a la problemática del criadero y acuario Fox. Con la implementación del sistema de monitoreo, se busca mejorar las condiciones del estanque, facilitando el control y la supervisión de variables críticas, lo que contribuirá al bienestar de los organismos acuáticos que alberga.

Dado que la finalidad no es evaluar el proyecto desde una perspectiva de costos comerciales, sino valorar el esfuerzo colectivo y la aplicación de los conocimientos técnicos adquiridos, se ha omitido el cálculo de mano de obra. Este proyecto representa una experiencia formativa significativa que ha permitido profundizar en el diseño de sistemas de monitoreo, programación de microcontroladores y la integración de módulos de comunicación, habilidades fundamentales para el desarrollo profesional en la ingeniería electrónica.

Los costos para el desarrollo e implementación del prototipo se encuentran detallados a continuación en Tabla 5.

Costos del Proyecto				
Componente / Fase	Cantidad	Costo Unitario (C\$)	Costos de envío (C\$)	Costo Total (C\$)
Arduino Mega	1	C\$ 522.58	C\$ 111.00	C\$ 633.58
Sensor DS18B20	1	C\$ 58.20	C\$ 111.00	C\$ 169.20
Sensor de pH	1	C\$ 568.90	C\$ 111.00	C\$ 679.90
Solución para calibrar pH	15	C\$ 182.41	C\$ 111.00	C\$ 2,847.15
Módulo ultrasónico JSN-SR04T	1	C\$ 167.98	C\$ 111.00	C\$ 278.98
Electroválvula 12V NC	1	C\$ 201.65	C\$ 111.00	C\$ 312.65
Relay 5V 1 Canal	1	C\$ 163.25	C\$ 111.00	C\$ 274.25
Módulo GSM (SIM900)	1	C\$ 307.61	C\$ 111.00	C\$ 418.61
Display LCD 16x4 I2C	1	C\$ 263.44	C\$ 111.00	C\$ 374.44
Resistencia de 4.7kΩ	1	C\$ 10.00	C\$ -	C\$ 10.00
Shield terminales de bloque Arduino Mega	1	C\$ 318.20	C\$ 111.00	C\$ 429.20
Motor paso a paso nema 17	1	C\$ 297.32	C\$ 111.00	C\$ 408.32
Shield CNC y Driver A4988	1	C\$ 274.07	C\$ 111.00	C\$ 385.07
Bornera para alimentación	2	C\$ 30.00	C\$ -	C\$ 60.00
Adaptador de corriente 12V 5A	1	C\$ 250.00	C\$ -	C\$ 250.00
Caja/Carcasa de proyecto	1	C\$ 919.00	C\$ -	C\$ 919.00
Tarjeta SIM	1	C\$ 50.00	C\$ -	C\$ 50.00
Costo de datos GSM (mensual)	1	C\$ 212.75	C\$ -	C\$ 212.75
Piezas impresas en 3D	1	C\$ 370.00	C\$ -	C\$ 370.00
Otros materiales	1	C\$ 500.00	C\$ -	C\$ 500.00
			TOTAL	C\$ 9,583.10

Tabla 5 Tabla general de costos para el desarrollo e implementación del prototipo (Fuente Propia).

8 Conclusión.

El prototipo implementado en el criadero FOX demostró ser una solución viable para los problemas identificados en la fase de análisis. El sistema automatizado logró cumplir con los objetivos de controlar la calidad del agua, automatizar la alimentación de los peces y monitorear las variables críticas en el estanque.

Las pruebas realizadas confirmaron que el uso de tecnologías como Arduino y Blynk IoT, en combinación con la comunicación GSM, es eficaz para optimizar el manejo remoto de criaderos de peces ornamentales. Además, la implementación del sistema no solo mejoró la calidad de vida de los peces, sino que también facilitó la gestión del criadero, reduciendo la carga de trabajo del personal y minimizando los errores humanos.

Se logró garantizar el envío de alertas de manera exitosa tanto por notificaciones push en tiempo real y a través de correo electrónico. Esta solución permitió mantener informado al personal de manera oportuna y efectiva sobre cualquier anomalía detectada, cumpliendo con el objetivo de monitoreo en tiempo real.

El sistema desarrollado no solo demostró ser eficiente y funcional, sino también robusto y compacto. Gracias a su diseño modular y la utilización de componentes de alta durabilidad, el prototipo es capaz de operar en condiciones ambientales diversas sin comprometer su rendimiento. Además, su arquitectura flexible permite futuras expansiones o mejoras sin la necesidad de reestructuraciones significativas, lo que lo convierte en una solución escalable y adaptable a diferentes tamaños y tipos de criaderos.

9 Recomendaciones.

Expansión del Sistema: Considerar la posibilidad de expandir el sistema para incluir más parámetros de monitoreo. Entre las variables adicionales que podrían integrarse se encuentran; cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la cual es crucial para la respiración y el crecimiento de los peces. También se podría implementar la medición de los niveles de amoníaco y nitratos, ya que estos compuestos químicos, si no son controlados, pueden ser tóxicos y poner en riesgo la vida de los peces. La inclusión de sensores para detectar turbidez en el agua sería otra mejora, permitiendo identificar la presencia de partículas en suspensión que podrían indicar problemas en la filtración o la presencia de enfermedades. Con estas expansiones, el sistema no solo proporcionaría un monitoreo más integral, sino que también permitiría una gestión más proactiva y preventiva del criadero, asegurando un entorno óptimo para el desarrollo de los peces.

Mantenimiento del Sistema: Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo regular de los sensores y actuadores del sistema para garantizar su correcto funcionamiento a largo plazo.

Capacitación del Personal: Es aconsejable capacitar al personal del criadero en el uso y mantenimiento del sistema automatizado, para asegurar que puedan manejar cualquier incidencia y realizar calibración de sensores según sea necesario.

Actualización Tecnológica: Mantenerse al día con las nuevas tecnologías y actualizaciones en sistemas IoT para asegurar que el sistema instalado siga siendo eficiente y se pueda adaptar a futuras necesidades.

Bibliografía

Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). *Getting started with Arduino: The open source electronics prototyping platform*. Maker Media, Inc.

Boyd, C. E. (1998). *Pond aquaculture water quality management*. Springer Science & Business Media.

Brett, J. R. (1995). Energetic responses of salmon to environmental stress. In H. L. Schreck & P. B. Moyle (Eds.), *Methods for fish biology* (pp. 23-38). American Fisheries Society.

Calderón Amador, A. A., Toruño Luna, Y. V., & Páramo Guillen, J. R. (2016). *Situación de la producción de peces de la región norte de Nicaragua en el II semestre del 2015* (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, FAREM-ESTELI.

Cheng, L. (2021). *Practical Internet of Things with Blynk: Building smart applications with Arduino and Blynk* (1st ed.). Packt Publishing.

Gómez, J., & López, R. (2018). *Sensors and their applications in aquaculture and environmental monitoring*. Technology and Innovation Publishing.

Gómez, M., & Ortega, L. (2010). *Acuarios: Técnicas y mantenimiento*. Ediciones Omega.
Rashid, M. H. (2016). *Electronics for beginners: A comprehensive introduction to electronics*. Wiley.

Johnson, R., & Carter, L. (2019). *Automatización de sistemas de llenado de agua: Teoría y práctica*. Tecnología y Diseño Editorial.

Jones, A., & Lee, R. (2018). *Mantenimiento y optimización de sistemas acuáticos*. Editorial Ambiental.

Kumar, A. (2017). *Arduino programming with MATLAB and Simulink*. Springer.

Lapiente Solórzano, V. (2014). *Control y monitorización de un acuario en tiempo real mediante tecnología open source* (Tesis de grado). Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.

Martínez Zamora, E. M., & Valle Zúniga, K. B. (2021). *Comparación del rendimiento productivo de dos sistemas de cultivos de tilapia roja (Oreochromis sp): Un sistema acuapónico vs un sistema de cultivo convencional de febrero a abril 2021* (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-LEÓN.

Miller, M. (2015). *Arduino: A technical reference*. O'Reilly Media.

Monk, S. (2016). *Programming Arduino: Getting started with sketches*. McGraw-Hill Education.

Smith, A., & Brown, J. (2021). *Automatización de sistemas de alimentación en acuarios y estanques*. Editorial Técnica Acuática.

Smith, A., & Brown, J. (2021). *Sistemas de control de nivel de agua en aplicaciones industriales y acuáticas*. Ingeniería de Sistemas Ambientales.

Smith, B. (2017). *Arduino cookbook: Recipes to begin, expand, and enhance your projects*. O'Reilly Media.

Smith, J. (2020). *Gestión de estanques: Evaporación y filtración en acuarios*. Editorial Acuática.

Santiago, C., & Lovell, R. T. (2018). *Nutrition and feeding of fish and crustaceans*. Springer.

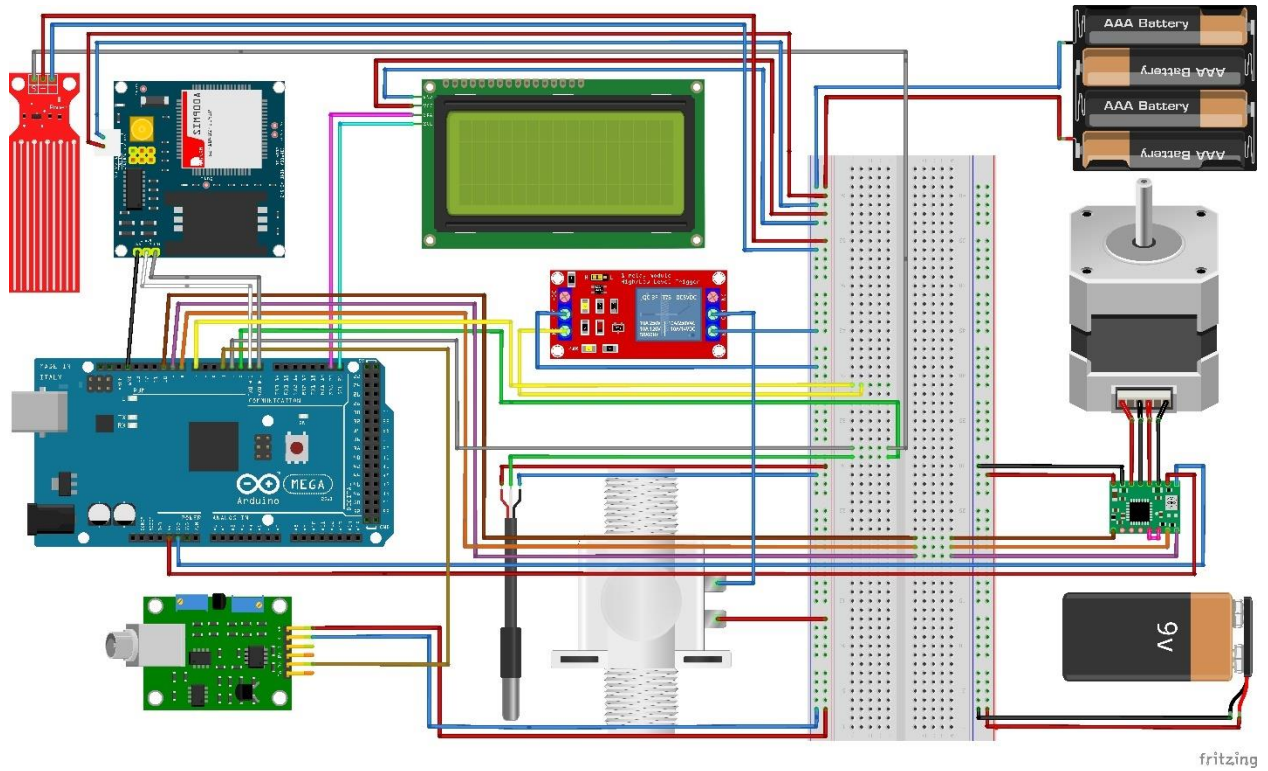
Sutton, M. (2020). *Blynk: The complete guide to IoT development with Blynk* (1st ed.). Tech World Press.

Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2013). *Recirculating aquaculture*. Cayuga Aqua Ventures.

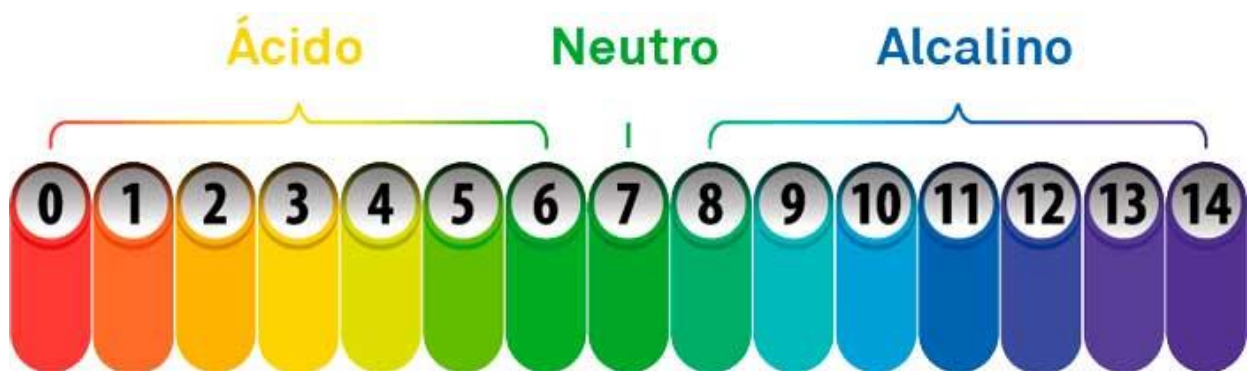
Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2013). *Recirculating aquaculture* (3rd ed.). Ithaca Publishing Company LLC.

Anexos

ANEXO A. Diagrama de conexiones



ANEXO B. Escala de pH



ANEXO C. Sensor de Temperatura DS18B20



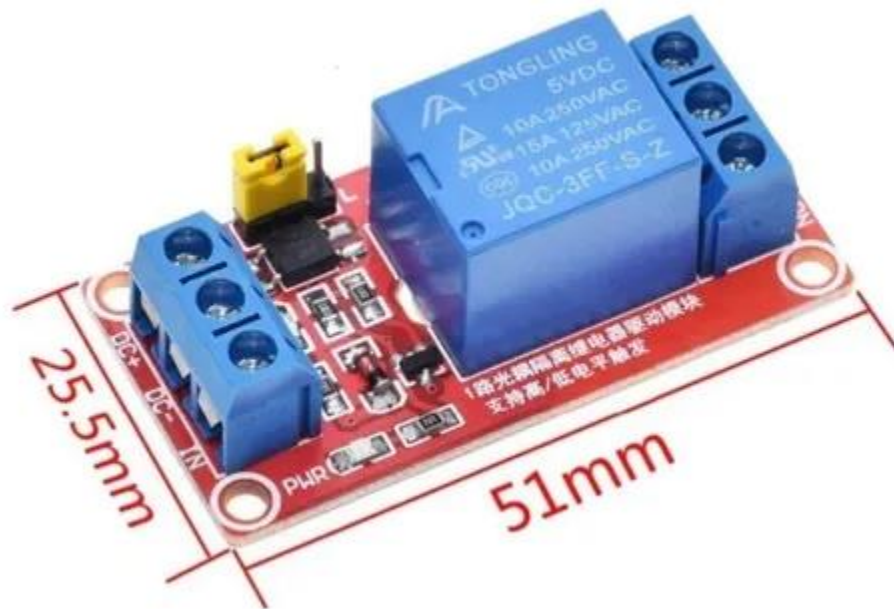
ANEXO D. Sensor de pH PH-4502C + Electrodo E201



ANEXO E. Sensor Ultrasónico JSN-SR04T



ANEXO F. Modulo Relay 5V



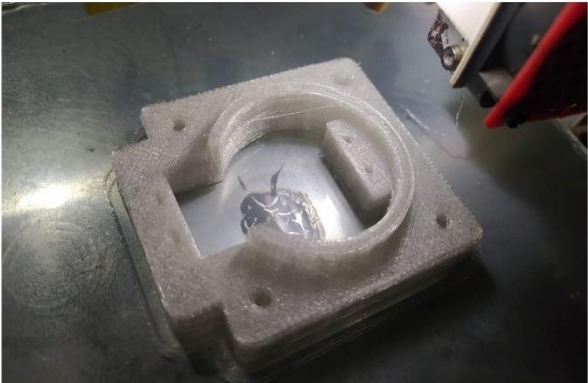
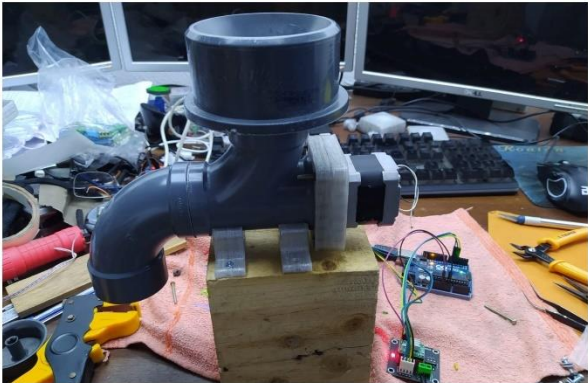
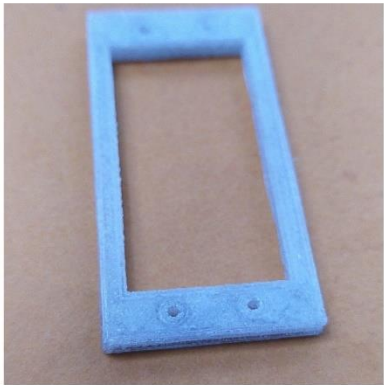
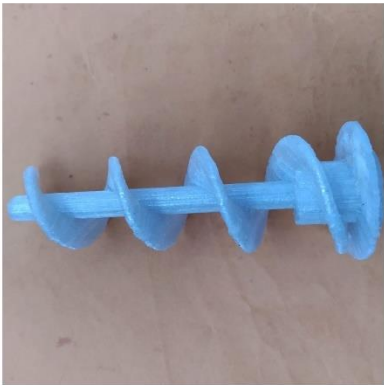
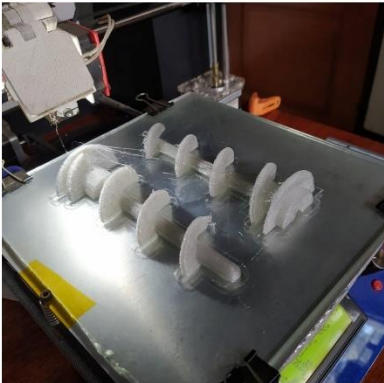
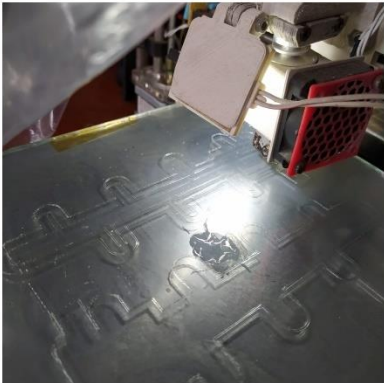
ANEXO I. Modulo GSM SIM900



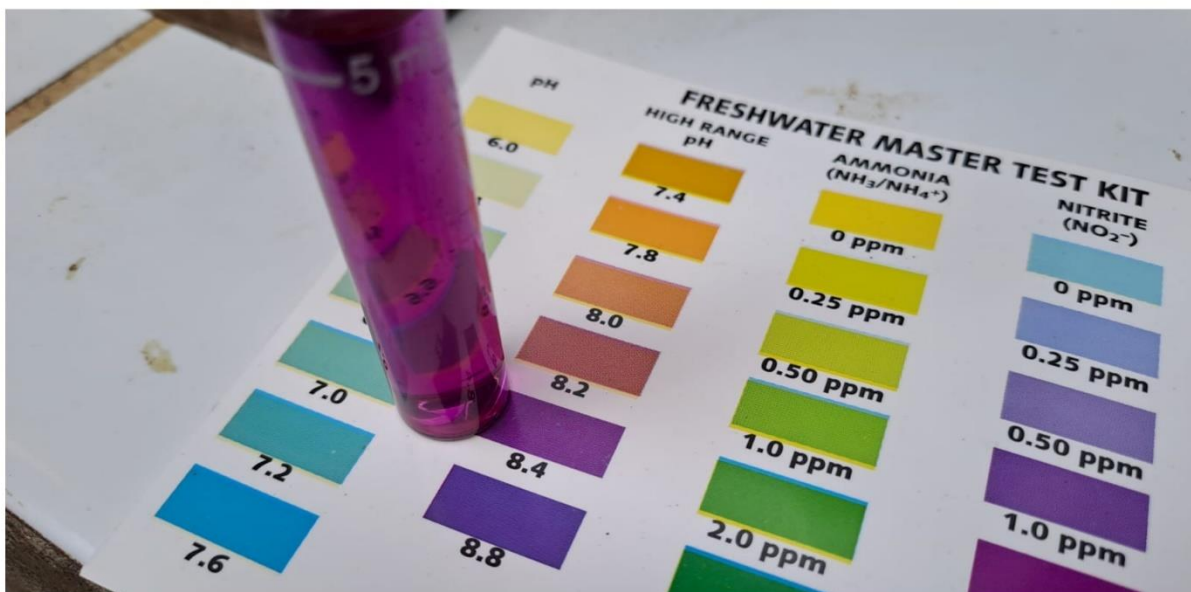
ANEXO J. Proceso de armado del sistema inicial



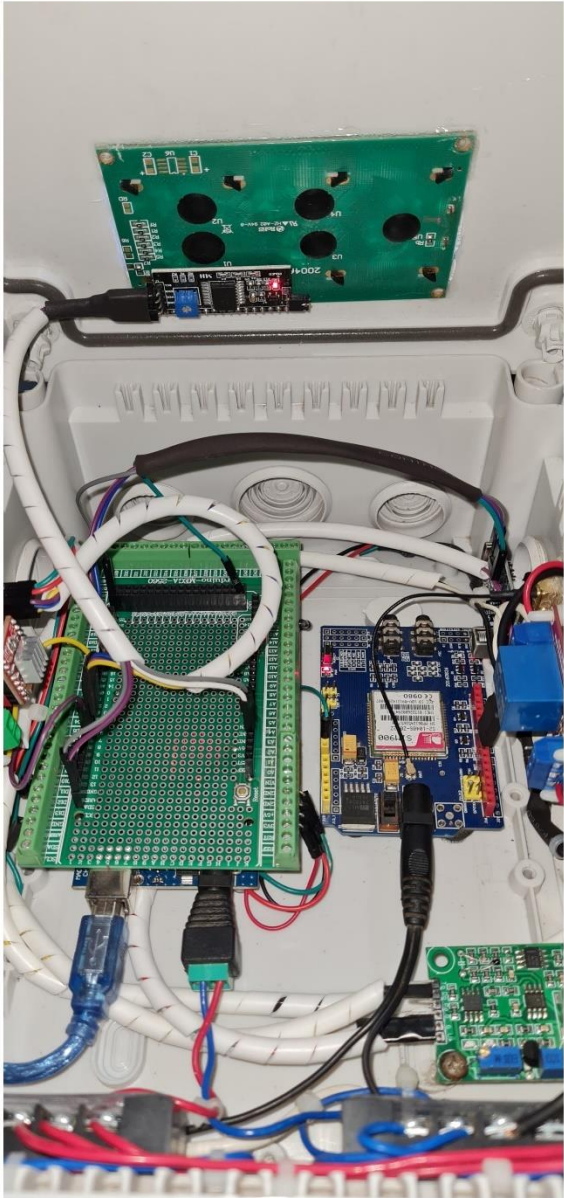
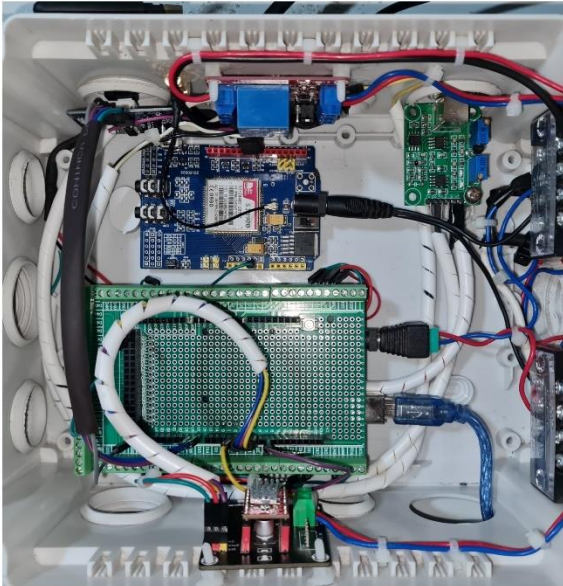
ANEXO K. Diseño del alimentador de peces



ANEXO L. Pruebas de parámetros del estanque



ANEXO M. Montaje final del prototipo



ANEXO N. Instalación de prototipo en el criadero

