



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS

Ingeniería Telemática

Proyecto Terminal I

“Automatización de un sistema que reduzca la intervención humana en la cría de pez payaso en un ambiente controlado”

P r e s e n t a(n):

González Carreón Alfredo
Rendón Gutiérrez Cristian Joan

Asesor(es):

Dra. Izlian Yolanda Orea Flores
M. en C. Juan Manuel Madrigal Bravo



Resumen

El presente documento presenta una propuesta para la implementación de un sistema automatizado para la cría de pez payaso, basado en conocimientos de Ingeniería Telemática, y compuesto por tres módulos: Nidos, Cultivos y Aplicación Móvil. El Módulo Nidos incluye la instalación de sensores para medir parámetros críticos del agua, como amoníaco, temperatura, pH y salinidad, asegurando que se mantengan dentro de rangos óptimos para la supervivencia de los alevines de pez payaso. El Módulo Cultivos se enfoca en la alimentación de los alevines con fitoplancton y rotíferos, utilizando procesamiento de imágenes para detectar visualmente la tonalidad verde oscura del cultivo maduro, seleccionando así el alimento adecuado. La Aplicación Móvil permite a los criadores consultar el registro histórico de los datos recolectados y cuenta con un sistema de alarmas que notifica al usuario si algún parámetro está fuera de rango, garantizando una monitorización del entorno de cría. Se espera que esta propuesta reduzca el tiempo invertido por los criadores y minimice el error humano, ofreciendo un hábitat óptimo para el desarrollo saludable de los alevines de pez payaso.

Palabras clave:

Alevines, cultivos, fitoplancton, rotíferos, procesamiento de imágenes, sistema, cría, pez payaso, amoníaco, módulo, sensor.

Abstract

The present document presents a proposal for the implementation of an automated system for clownfish breeding, based on Telematics Engineering knowledge, and composed of three modules: Nests, Cultures, and Mobile Application. The Nests Module includes the installation of sensors to measure critical water parameters, such as ammonia, temperature, pH, and salinity, ensuring they remain within optimal ranges for the survival of clownfish fry. The Cultures Module focuses on feeding the fry with phytoplankton and rotifers, using image processing to visually detect the dark green tone of mature cultures, thus selecting the appropriate food. The Mobile Application allows breeders to consult the historical record of collected data and features an alarm system that notifies the user if any parameter is out of range, ensuring monitoring of the breeding environment. This proposal is expected to reduce the time invested by breeders and minimize human error, providing an optimal habitat for the healthy development of clownfish fry.

Keywords Fry, cultures, phytoplankton, rotifers, image processing, system, breeding, clownfish, ammonia, module, sensor.

Índice

1. Planteamiento del problema	10
1.1. Definición del problema	10
1.2. Justificación	11
1.3. Propuesta solución	12
1.3.1. Módulo nidos	13
1.3.2. Módulo cultivos	15
1.3.3. Cultivo de rotíferos	16
1.3.4. Módulo aplicación	17
1.3.5. Circuito básico del sistema	19
1.4. Objetivo general	20
1.5. Objetivos específicos	20
1.6. Alcances	21
1.7. Metodología	22
2. Estado del arte	24
2.1. Sistema de monitoreo y telemetría para la evaluación del crecimiento durante la etapa larvaria del pez blanco (<i>Chirostoma estor estor</i>) en cultivo	24
2.2. Diseño de un sistema de control y monitoreo para un acuario por acceso remoto	24
2.3. Sistema de control y monitoreo para acuarios (aquarium resort)	24
2.4. Diseño de un sistema integral de mantenimiento y alimentación de un acuario de agua dulce con capacidad de 60 litros para una casa habitación	25
2.5. Marine aquarium temperature controller and the iot (internet of things)	25
2.6. Neptune por APEX	25
3. Marco teórico	27
3.1. Acuario marino	27
3.2. Ciclo del nitrógeno	27
3.3. Fitoplancton	28
3.4. Rotíferos	28
3.5. Pez payaso y sus características	29
3.5.1. Distribución	30
3.5.2. Alimentación	30
3.5.3. Proceso de puesta de huevos de pez payaso	30
3.6. Ecuación de Nernst	31
3.7. IoT	33
3.7.1. Modelo de referencia del IoT	33
3.8. Sensores o sondas	35
3.8.1. Sensores con IoT	35
3.8.2. Cuantificación en sensores	36
3.9. Imágenes	37
3.9.1. Imagen Digital	38

3.9.2. Formatos de Imágenes Digitales	38
3.10. Procesamiento de imágenes	39
3.11. Tipos de procesamiento	39
3.11.1. Preprocesamiento	39
3.11.2. Filtrado Espacial	39
3.11.3. Transformaciones Geométricas	39
3.11.4. Segmentación	40
3.11.5. Reconocimiento de Patrones	40
3.11.6. Restauración de Imágenes	40
3.11.7. Morfología Matemática	40
3.11.8. Transformada de Fourier	40
3.11.9. Compresión de Imágenes	40
3.11.10. Análisis de Texturas	40
4. Análisis de la solución	41
4.1. Requerimientos	41
4.2. Análisis Tarjeta de desarrollo	47
4.3. Análisis de sensor/sonda de temperatura y pH	51
4.3.1. Análisis de sensor de temperatura	51
4.3.2. Análisis de Sonda/Sensor de pH	53
4.4. Análisis de Sensor de Salinidad/ Conductividad	56
4.5. Análisis de Cámara	62
4.6. Análisis de Switch flotador	67
4.7. Análisis Controladores de Corriente Alterna	69
4.7.1. Opto acopladores/opto aisladores	69
4.7.2. Relevadores	69
4.7.3. Comparación entre Relevadores y Opto acopladores	70
4.8. Análisis de lenguajes de programación	72
4.9. Análisis sobre transmisión inalámbrica	76
4.10. Análisis sobre transmisión serial en la tarjeta de desarrollo	78
4.11. Análisis en la transmisión de imágenes	80
4.12. Análisis sobre los gestores de bases de datos para almacenamiento en la nube	82
4.13. Análisis de los entornos de programación de dispositivos móviles	85
4.14. Análisis Sobre la identificación de colores en las imágenes digitales	87
5. Diseño de la solución	92
5.1. Arquitectura general	92
5.2. Diseño de maqueta	93
5.3. Diseño de sistema eléctrico	97
5.4. Diseño De aplicación móvil	101
5.5. Diseño de base de datos	107
6. Escenario de pruebas	111
6.1. Prueba de amoníaco	111
6.2. Prueba de salinidad	111

6.3. Prueba de pH	111
6.4. Prueba de temperatura	111
6.5. Prueba de nivel de agua	112
6.6. Prueba de cultivos	112
6.7. Prueba de aplicación móvil	112
Actividades para Proyecto terminal II	113
Conclusiones	118
Referencias	119

Índice de figuras

1.	Diagrama general de los 3 módulos del sistema.	12
2.	Indicador químico de amoníaco [35].	13
3.	Seachem <i>Prime</i> [36].	14
4.	Switch flotador para detectar el nivel de agua [38].	15
5.	Imagen comparativa entre un cultivo nuevo izquierda y uno maduro derecha (Autoría Propia).	16
6.	Imagen de cultivo de rotíferos sin ser alimentados en 1 día (Autoría Propia).	17
7.	Diagrama eléctrico básico ilustrativo de la conexión entre los dispositivos con la tarjeta de desarrollo (Autoría Propia).	19
8.	Diagrama del ciclo del nitrógeno[3].	27
9.	Imagen de cultivo maduro de Fitoplancton [Autoría Propia].	28
10.	Esquema biológico de un rotífero recuperado de: [9].	29
11.	Raspberry Pi Model 4 B.	49
12.	Distribución de pines de Raspberry Pi Model 4 B.	49
13.	Configuración de Pines del DS18B20.	51
14.	Rango de error DS18B20.	52
15.	Sensor W1209.	53
16.	Pines del Sensor pH-4502C.	54
17.	Vista del Sensor PH-4502C con BNC.	55
18.	Diagrama del sensor propuesto.	56
19.	módulo ACS712.	58
20.	Diagrama de conexión del sensor propuesto al ADS712 y de este último a la tarjeta de desarrollo.	59
21.	Cámara OV7670.	62
22.	Raspberry Pi Camera Module V2 8MP.	63
23.	Raspberry Pi NoIR.	64
24.	Flotador Vertical.	67
25.	Flotador Horizontal.	68
26.	MOC3021.	71
27.	Diagrama de la Arquitectura Propuesta.	85
28.	Figura original sin segmentación aplicada.	88
29.	Figura segmentada en 3 clústeres, $k = 3$	89
30.	Figura segmentada en 6 clústeres, $k = 6$	89
31.	Arquitectura general del sistema.	92
32.	Propuesta de diseño del acuario para instalar el módulo Nidos.	93
33.	Distribución general de los componentes presentes en la pecera.	94
34.	Distribución de la sección central de la pecera.	95
35.	Vista 2D de la maqueta propuesta para el módulo Cultivos.	96
36.	Identificación de puerto CSI y conexión de cámaras.	97
37.	Diagrama esquemático del sistema.	98
38.	Composición de Módulo Cultivos.	99
39.	Composición de Módulo Nidos.	100

40.	Inicio de Sesión.	102
41.	Registro de Usuario.	103
42.	Pantalla principal.	104
43.	Pantalla nidos.	105
44.	Pantalla Parámetro.	106
45.	Modelo Entidad Relación.	108
46.	Diagrama Relacional.	109

Índice de tablas

1.	Cantidad de rotífero necesario [34].	10
2.	Valores óptimos de un acuario de crianza [20].	10
3.	Comparativa entre el estado del arte.	26
4.	Requerimientos de Módulo cultivos	42
5.	Requerimientos de Módulo nidos	43
6.	Requerimientos de Módulo aplicación	46
7.	Comparación de tarjetas de desarrollo propuestas.	48
8.	Comparación de ADC propuestos.	50
9.	Precisión del DS18B20.	52
10.	Sensores y Sondas de pH propuestos.	53
11.	Comparativa entre relevadores y opto acopladores.	70
12.	Comparación de protocolos de transmisión inalámbrica. (Parte 1)	76
13.	Comparación de protocolos de transmisión inalámbrica. (Parte 2)	77
14.	Características de los protocolos seriales usados en raspberry pi 4.	79
15.	Características de los distintos tipos servicios de nube.	83
16.	Comparación de entornos de programación para dispositivos móviles	86
17.	Entidad USUARIOS	109
18.	Entidad "MODULO NIDOS".	109
19.	Entidad "BITACORA".	110

Introducción

La acuariofilia se ha vuelto muy popular en las últimas décadas a nivel global, en lo que respecta a México la acuariofilia marina y de agua dulce son las más demandadas. Esto da paso a que surja el acuarismo y se transforme en una industria puesto que existe una gran demanda la cual necesita satisfacerse.

“En México esta industria surge en la década de los cincuenta, cuando se montaron los primeros acuarios públicos.” [1].

Dando hincapié a que las personas se motivaran a querer tener peces en casa, esta demanda se ve comprometida por la existencia de factores humanos como ambientales. Por ejemplo:

- Acuarios sobre poblados dedicados a venta que provocan contagios cruzados entre especies de algunas variedades de protozoos, bacterias u hongos.
- Mala calidad del agua
- Mezcla de especies incompatibles
- Cambios bruscos de temperatura

Estos factores provocan que la mayoría de las especies importadas terminen muriendo, sin embargo, esto no disminuye la gran demanda que se tiene. La sobre pesca para acuarismo hace que los ejemplares en etapa reproductora sean casados, vendidos y muchas veces terminen muriendo de estrés o enfermedad.

“En México el comercio de peces de ornato ha crecido en 250 % durante los últimos diez años y actualmente es del orden de 60 millones de organismos vivos, que representan un valor de 4 mil 500 millones de pesos” [1].

En el acuarismo marino la mayoría de las especies que son importadas e ingresan al país provienen de EUA, Colombia, Tailandia, Indonesia, Australia [17].

Esta importación produce una mortandad alta debido al estrés de captura y el envío, además de que al ser recibidos pasan a un ecosistema cerrado que muchas veces no tiene las condiciones adecuadas y provoca que haya enfermedades y estrés ocasionando que el sistema inmunológico decaiga para culminar en la muerte del espécimen.

La película “Buscando a Nemo” de Disney/Pixar tuvo como meta concientizar a la sociedad de no sacar animales exóticos de su hábitat, pero fue un rotundo fracaso ya que sucedió lo contrario. En el año que fue estrenada incrementó considerablemente la demanda de dichos ejemplares (*Amphiprion ocellaris*) causando que su población en los mares fuera decreciendo.

La creación de criaderos especializados, inspirados en pioneros como el Dr. Matthew L. Wittenrich, quien inició la cría de peces payasos en la década de 1960 en Florida, representa una solución clave. Además, la difusión de conocimientos, como el proporcionado por la Dra. Joyce D. Wilkerson en su libro "Clownfishes: A Guide to Their Captive Care, Breeding & Natural History", se presenta como una herramienta fundamental para apoyar a los criadores novatos y mejorar la acuariofilia.

Este proyecto tiene como expectativa automatizar el proceso de cría del pez payaso, para reducir el tiempo que el criador debe invertir, ya que los grandes criadores tienen más de 5 parejas reproductoras, las cuales requieren mucha atención y el proceso tiende a fallar puesto que no alcanza el tiempo para poder realizar todo de manera autónoma.

De igual manera se busca que los alevines tengan más probabilidades de supervivencia, esto ofreciendo un hábitat controlado y procesos que regulen los parámetros del acuario además de tener un suministro continuo de comida.

Capítulo 1. Planteamiento del problema

1.1. Definición del problema

Para que los peces payaso puedan sobrevivir a la etapa primaria de su vida es necesario que los ejemplares tengan un hábitat óptimo para su desarrollo, es decir, que tengan valores óptimos de pH, amoníaco, temperatura y salinidad, además de una alimentación que no comprometa la calidad del hábitat pero que, a la vez satisfaga las necesidades alimenticias de los alevines.

En esta etapa de su vida, el alimento es crucial para su supervivencia, debido que del alimento consumido adquieren los nutrientes necesarios para llevar a cabo el proceso de metamorfosis.

Por esto se requiere alimentar de 3 a 4 veces al día por nido, en las porciones que muestra la Tabla 1, sin embargo, cuando se suministra mayor alimento del requerido, este perjudica a la calidad del agua, ya que el alimento al no ser consumido se pudre y genera amoníaco (NH_3^+). El cual causa mal formaciones o en casos donde el nivel alcanza valores de 0.2 ppm o superiores, la muerte de todos los alevines.

Tabla 1: Cantidad de rotífero necesario [34].

Densidad de cultivo (rotíferos / ml)	Volumen de cosecha diaria (lt)	Total de cultivo necesario (lt)
100	5	20
50	10	40
25	20	80

Tabla 2: Valores óptimos de un acuario de crianza [20].

Parámetro	Valor recomendado
amoníaco	0 ppm (partes por millón)
pH	8.1-8.4
Salinidad	26-33 ppt (partes por trillón)
Temperatura	26°-28 °C
Frecuencia de alimentación	3-4 veces por día

La exactitud de las mediciones efectuadas por seres humanos para evaluar los parámetros en acuarios marinos se ve comprometida por sus propias limitaciones, ya que los test utilizados dependen de la colorimetría, lo que ocasiona que exista un significativo margen de error.

Un fenómeno que hace indispensable la automatización es la capacidad visual, donde individuos con problemas visuales podrían interpretar colores de manera diferente a aquellos que no experimentan dichas limitaciones, con el fin de mitigar posibles errores.

Además, considerando las restricciones de tiempo, resulta inviable que un humano pueda llevar a cabo un control periódico, minucioso y preciso de estos parámetros de manera consistente.

Expuestos los siguientes puntos, da lugar a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo automatizar un sistema que reduzca la intervención humana en la cría de pez payaso en un ambiente controlado?

1.2. Justificación

La implementación de un sistema telemático en la cría de peces payaso surge de la necesidad urgente de optimizar el control ambiental. La alimentación excesiva y las limitaciones de las mediciones manuales presentan desafíos que requieren una solución automatizada. La telemetría ofrecerá mediciones continuas y precisas de parámetros clave, como pH, amoníaco, temperatura y salinidad, evitando las fluctuaciones de parámetros perjudiciales para la supervivencia de los peces. La capacidad de ajustes en tiempo real, basados en datos fiables, mejorará significativamente las condiciones de cría, maximizando la tasa de supervivencia y desarrollo de los peces en su fase inicial.

La automatización aborda no solo los riesgos asociados con la alimentación excesiva sino también las limitaciones inherentes a las mediciones manuales, como interpretaciones visuales inconsistentes y variaciones individuales. Además, la supervisión continua que proporciona la telemetría supera las restricciones de tiempo asociadas con la supervisión manual periódica. La eficiencia y consistencia resultantes de la implementación telemática no solo benefician la cría de peces payaso sino que también permiten una gestión más sostenible y eficaz de los recursos.

1.3. Propuesta solución

El proyecto busca minimizar el tiempo que un criador de peces payasos debe invertir en el cuidado de los alevines, así como minimizar los errores que el criador podría cometer, con la finalidad de poder satisfacer la demanda del mercado y evitar que se sigan extrayendo especies de su hábitat natural.

De tal manera que el sistema proporcionara un entorno adecuado para que se pueda llevar a cabo el desarrollo de los alevines, la etapa crucial se conoce como metamorfosis y este proceso es el más importante en el desarrollo del pez payaso.

El cual se ve comprometido por factores ambientales como amoníaco, pH, temperatura y salinidad. Para resolver este problema se plantean tres módulos, módulo Acuario, módulos Cultivos y módulo Aplicación móvil, como se muestra en la figura 1.

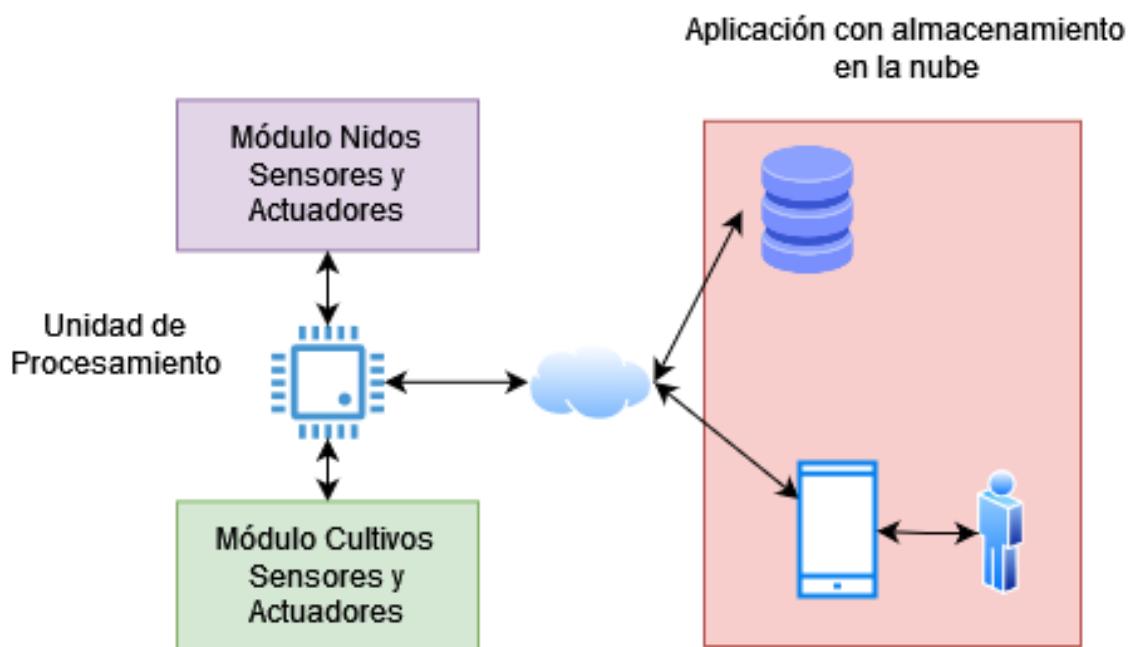


Figura 1: Diagrama general de los 3 módulos del sistema.

Donde:

- **Módulo Nidos:** Se encargará del control y la medición de amoníaco, salinidad, temperatura y pH.
- **Módulo Cultivos:** Gestión y suministrado de rotíferos y mediante la implementación de procesamiento de imágenes.
- **Módulo aplicación móvil:** Será la encargada de mostrar los valores obtenidos en el módulo nidos al usuario final.

1.3.1. Módulo nidos

Este módulo se encargará de la calidad del agua, es decir, mantener los parámetros del acuario en un rango óptimo por lo que desempeñará las siguientes funciones:

Monitoreo y regulación de amoníaco

Se utilizará un indicador químico como el de la figura 2

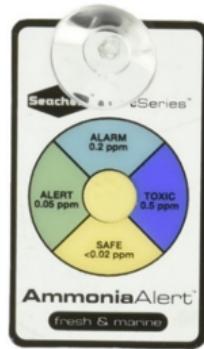


Figura 2: Indicador químico de amoníaco [35].

Ammonia Alert de Seachem, permite detectar de forma continua el amoníaco en acuarios de agua dulce y salada [35]. El centro del indicador cambia de color según el nivel detectado, por lo cual mediante procesamiento de imágenes se llevará la medición considerando la siguiente escala:

Amarillo :	$< 0,02 \text{ ppm}$	<i>Safe</i>
Verde :	$0,05 \text{ ppm}$	<i>Alert</i>
AzulClaro :	$0,2 \text{ ppm}$	<i>Alarm</i>
AzulObscuro :	$0,5 \text{ ppm}$	<i>Toxic</i>

Existen productos dedicados a la eliminación del amoníaco en los acuarios tanto de agua dulce como salada, como el mostrado en la figura 3. *Prime* es un acondicionador que elimina cloro, cloramina y amoníaco, convierte el amoníaco en una forma segura y no tóxica que será rápidamente degradada por el filtro biológico del acuario [36].



Figura 3: Seachem *Prime*[36].

El valor numérico del amoníaco será su equivalente al color procesado del Ammonia Alert, cuando el amoníaco alcance un nivel mayor a 0.02 ppm el sistema desarrollado realizará la dosificación de *Prime*, esto con la finalidad de reducir el valor y mantener el parámetro en rango óptimo.

Monitoreo y regulación de pH

Se usará una sonda de pH, mediante la cuantificación de los valores de voltaje que suministre de acuerdo con el valor del pH presente en el agua.

Monitoreo y regulación de temperatura

Se usará un sensor de temperatura con escala en grados Celsius junto con un calentador de titanio, el valor medido indicará a la tarjeta de desarrollo que acción realizar. Esto con el fin de poder controlar y llevar un registro de la temperatura del acuario.

Calentador
Encendido : $< 28^{\circ}C$
Apagado : $\geq 28^{\circ}C$

Monitoreo y regulación de salinidad

Se usará un sensor de conductividad para saber el valor de la salinidad, en caso de excederla, se suministrará agua de ósmosis. La cual es agua limpia y pura, es decir desmineralizada [37].

Al suministrar dicha agua, los minerales presentes se disolverán en el agua y la salinidad bajara.

Relleno de agua

Debido a la temperatura a la que se mantendrá el sistema, es normal que el agua se evapore. Para abordar este problema, se propone implementar un interruptor de flotador, como se muestra en la figura 4.



Figura 4: Switch flotador para detectar el nivel de agua [38].

Cuando el agua se encuentre por debajo del nivel del flotador, este presentará un cambio de estado, es decir, si estaba abierto procederá a estar cerrado y viceversa.

Este cambio le indicará la tarjeta de desarrollo que se necesita llenar o no el tanque según corresponda, en caso de requerir suministrar agua deberá ser de ósmosis para mantener la salinidad.

1.3.2. Módulo cultivos

Este módulo tiene como propósito cultivar el alimento de los alevines de pez payaso, es decir, fitoplancton y rotíferos.

Cultivo de fitoplancton

El fitoplancton requiere un fotoperíodo de 12 horas para poder realizar la fotosíntesis necesaria para su supervivencia. Para suplir la luz solar se implementará un foco ahorrador de 6500°K con lo cual se cubrirán sus necesidades lumínicas.

Se usará Nannochloropsis Oculata como la cepa a reproducir, esta cepa tiene la característica que conforme el cultivo se vuelve más denso o cuando el cultivo madura, su tonalidad verde se hace más intensa, En la figura 5 se puede apreciar la

diferencia entre un cultivo maduro y uno que no lo está. Esto ocurre porque las células presentes de alga se duplican y llenan el entorno en el que se desarrollan.

El cultivo debe estar maduro para poder ser consumido por los rotíferos, ya que el sistema será capaz de reponer la cantidad consumida por agua salada para así asegurar siempre tener fitoplancton y no se termine, esto provocará que el cultivo se diluya, pero habrá suficiente para que vuelva a madurar.



Figura 5: Imagen comparativa entre un cultivo nuevo izquierda y uno maduro derecha (Autoría Propia).

1.3.3. Cultivo de rotíferos

Los rotíferos son un tipo de micro fauna que se alimenta únicamente del fitoplácton, en el cultivo se debe suministrar constantemente su alimento por lo que el agua cambiará su tonalidad a verde.

Conforme los rotíferos se reproduzcan y se alimenten consumirán las micro algas existentes, volviendo el agua verde claro, hasta volverse transparente, cuando se aclaren es momento de agregar más fitoplancton, esto se ilustra de mejor manera en la figura 6.

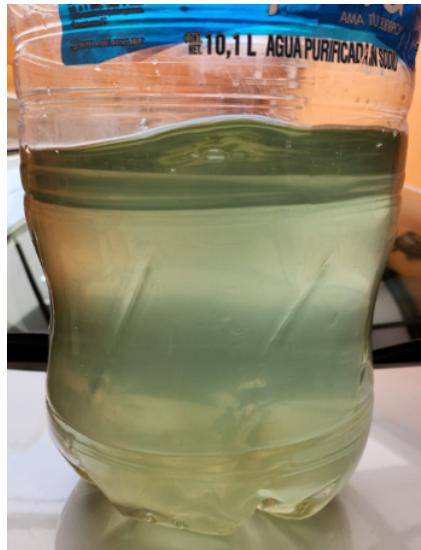


Figura 6: Imagen de cultivo de rotíferos sin ser alimentados en 1 día (Autoría Propia).

Este módulo propone implementar cámaras que tomarán fotografías a los cultivos y posteriormente dicha fotografía será procesada con segmentación de colores, para poder determinar las diferentes tonalidades entre cada cultivo. Esto permitirá al sistema saber que cultivo se encuentra maduro y cual no.

En caso de que un cultivo esté maduro, se seleccionará para suministrar alimento a la siguiente etapa de la cadena alimenticia. Por otro lado, si el cultivo aún está inmaduro, se evitará su uso para permitir que madure adecuadamente. Este proceso se repetirá cada que sea necesario suministrar alimento a los alevines, aproximadamente 4 veces al día.

1.3.4. Módulo aplicación

Este módulo será el encargado de proporcionar una interfaz gráfica en una aplicación móvil, que le permitirá el usuario tener las siguientes funciones.

Consulta de parámetros a través de la historia

Acceder a un historial de los parámetros de cada nido, dicho historial se almacenará en un servidor en la nube con una base de datos como se muestra en la Figura 8, dicho historial será representado por gráficas de las cuales el criador podrá consultar el periodo de tiempo que elija.

Consulta de parámetros

La aplicación tendrá la opción de poder visualizar la última medición de cada parámetro. Esto ya que el valor que se pondrá en la gráfica será el promedio de las mediciones diarias.

Sistema de alarmas

La aplicación indicará al criador cuando los parámetros se encuentren fuera de los rangos deseados, los cuales serán definidos previamente, además de indicar cuando no se pueda obtener una conexión tarjeta de desarrollo / servidor.

1.3.5. Circuito básico del sistema

En la figura 7, se muestran los distintos componentes básicos que se consideran utilizar para el sistema, cabe aclarar que es un esquema básico y el diseño en el cual se consideran todos los componentes se encuentra más adelante en el documento.

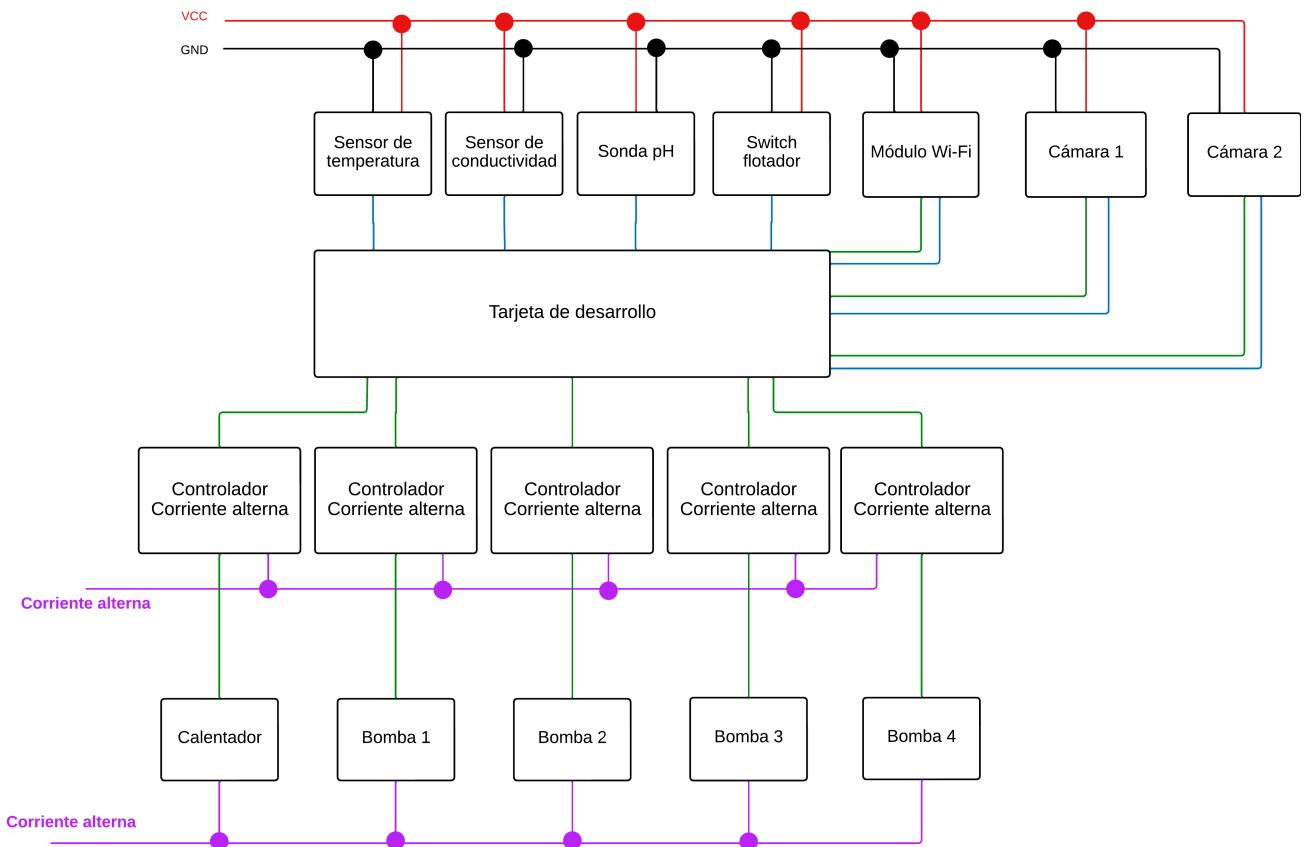


Figura 7: Diagrama eléctrico básico ilustrativo de la conexión entre los dispositivos con la tarjeta de desarrollo (Autoría Propia).

Algunos actuadores como lo son las bombas de agua o el calentador necesitan de corriente alterna para poder funcionar, y la tarjeta de desarrollo no suministra este tipo de energía, por lo que se considera en el diseño “controladores de corriente alterna”, que son dispositivos que permiten controlar otros dispositivos que requieren de corriente alterna para su funcionamiento con señales específicas que indiquen cuando deben actuar o no.

Se propone que la fuente de alimentación para los componentes externos a la tarjeta de desarrollo, como cámaras y sensores, sea independiente. Esto se hace para evitar que la tarjeta de desarrollo sufra daños debido a la alta demanda de voltaje y corriente que estos componentes pueden requerir.

1.4. Objetivo general

Desarrollar un sistema que permita monitorear la calidad del agua basándose en el pH, temperatura, amoníaco y salinidad, para automatizar el proceso de cría del pez payaso.

1.5. Objetivos específicos

- Diseñar e implementar el módulo Acuario para mantener en rango los valores de pH, temperatura, amoníaco y salinidad en el sistema para proporcionar un hábitat adecuado.
- Diseñar e implementar un algoritmo que permita la identificación de la madurez de los cultivos de rotíferos y fitoplancton, con la ayuda del procesamiento de imágenes.
- Diseñar e implementar un algoritmo que permita la identificación de colores en el indicador químico del amoníaco.
- Diseñar e implementar las funciones que permitan la medición de los parámetros de pH, temperatura, amoníaco y salinidad.
- Diseñar e implementar una función que añada *Prime* al acuario, cuando el amoníaco aumente.
- Diseñar e implementar un rellenado automático que suministre agua ósmosis cuando la salinidad aumente o el nivel de agua disminuya.
- Diseñar e implementar una aplicación móvil que permita mostrar los datos recolectados durante el periodo donde ha estado activo el sistema.
- Implementar una función dentro de la aplicación que permita consultar la última lectura de los parámetros de pH, temperatura, amoníaco y salinidad.

1.6. Alcances

- El sistema medirá el valor del pH y si sale del rango entre 8.0 y 8.4 avisará al criador.
- El sistema mantendrá el valor del amoníaco máximo en 0.02 ppm
- El sistema mantendrá el valor de la temperatura lo más cercano a 28°C posible
- El sistema mantendrá el valor de la salinidad entre 26 y 33 ppt
- En caso de que el valor de temperatura sea mayor, el sistema apagará el calentador.
- En caso de que el valor de temperatura sea menor, el sistema encenderá el calentador.
- En caso de que el valor de salinidad sea mayor, el sistema suministrará agua de ósmosis.
- El sistema medirá los valores de pH, salinidad, amoníaco y temperatura cada 5 minutos, sin embargo, el valor que se mandará a la base de datos para ser registrado será el promedio de 12 mediciones, es decir, el promedio de los valores tomados en un periodo de una hora.
- El sistema medirá el amoníaco con la implementación de una cámara y técnicas de procesamiento de imágenes, ya que el amoníaco se mide mediante un indicador químico utilizando colorimetría.
- El sistema proporcionará alimento cuatro veces al día a los nidos de pez payaso.
- El sistema proporcionará alimento cuatro veces al día a los cultivos de rotíferos.
- El sistema capturará una imagen completa de los cultivos para identificar cuál de estos ya se encuentra maduro para poder ser suministrado al área correspondiente.
- La aplicación desarrollada para consultar los registros históricos del sistema será compatible con sistemas operativos Android.
- Los registros se mostrarán en forma de gráficas para que el entorno sea fácil de entender.
- La aplicación contará con una función que permita mostrar los últimos valores medidos en el sistema en el momento en que la función sea activada.
- Cuando la comunicación entre el sistema y el servidor sea inexistente, la aplicación notificará que la comunicación falló.
- El sistema detectará cuando el nivel de agua esté bajo, ya sea en los nidos o en los cultivos, y de manera automática los llenará.

1.7. Metodología

Para el desarrollo de Proyecto Terminal 1 y poder continuar con ella en Proyecto Terminal 2, se implementó una metodología basada en una metodología híbrida Agile-Waterfall.

1. Definición del Problema

Se definió el problema y se identificaron los puntos clave a resolver.

2. Definición de Objetivos Generales y Específicos

Se definieron los objetivos específicos y generales del proyecto para que, durante el desarrollo, no se descuiden los aspectos esenciales de este.

3. Definición de Alcances

Se definieron los alcances del proyecto, ya que se requiere para poder obtener una noción de las funciones y aspectos en los que la solución será partícipe.

4. Definición de Requerimientos

Se plantearon los requerimientos mínimos del sistema propuestos para la solución, estos en base a los alcances definidos previamente, con el fin de cubrir necesidades y expectativas para el desarrollo de proyectos o productos, asegurando que se cumplan los objetivos y se satisfagan las necesidades del usuario final.

5. Análisis

a) Análisis de Hardware

Se investigó sobre todos los componentes considerados para el sistema, con la finalidad de tener un listado de dispositivos compatibles entre sí para que en el apartado de diseño no represente un inconveniente al momento de integrar los componentes.

b) Análisis de Software

Se investigó sobre todas las tecnologías consideradas en el sistema, con la finalidad de poder basar un diseño preliminar de la arquitectura del sistema, así como también asegurar la compatibilidad de estas tecnologías.

6. Diseño

a) Diseño de Hardware

Se propuso un diseño del hardware del sistema con el fin de poder tener una noción más clara de cómo interactuarán los componentes, con la opción de agregar más componentes no considerados en el análisis de componentes.

b) Diseño de Software

Se planteó un diseño preliminar de la base de datos y la aplicación móvil a implementar en el proyecto, con las tecnologías propuestas y analizadas previamente.

7. Desarrollo Iterativo

Se realizarán sprints pequeños de acuerdo a cada tarea o necesidad del proyecto para poder ser integradas en un solo sistema en una etapa posterior.

8. Integración y Pruebas

Se realizarán pruebas de integración para asegurar el funcionamiento adecuado del sistema en su conjunto.

9. Despliegue y Lanzamiento

Se desplegará del sistema en el entorno de producción, siguiendo un enfoque más tradicional de la metodología Waterfall.

Es importante señalar que la definición del problema, los objetivos y el alcance fueron retomados del Protocolo de Investigación. En el desarrollo del Proyecto Terminal I, se avanzó hasta la fase de diseño. Por lo tanto, en el Proyecto Terminal II se completará el punto 7 en adelante, los cuales se refieren al desarrollo e implementación del sistema.

Capítulo 2. Estado del arte

2.1. Sistema de monitoreo y telemetría para la evaluación del crecimiento durante la etapa larvaria del pez blanco (*Chirostoma estor estor*) en cultivo

Es un sistema multidisciplinario realizado por alumnos de telemática, mecatrónica y biónica de UPIITA en 2006, dicho sistema tiene como propósito el monitoreo del crecimiento durante la etapa larvaria de pez blanco (*Chirostoma estor estor*)[26].

- Monitorea la calidad del agua tomando como parámetros el pH y el amoníaco de está mediante el uso de sensores y un PIC (circuito integrado programable).
- Monitorea el crecimiento de los peces dentro del cultivo mediante el procesamiento de imágenes.
- Proporciona una interfaz gráfica para acceder a los datos recolectados.
- Tiene un sistema automático de la circulación del agua.

2.2. Diseño de un sistema de control y monitoreo para un acuario por acceso remoto

Es un sistema desarrollado por estudiantes de ESIME Zacatenco, en 2011, con el propósito de monitorear y controlar de forma remota un acuario. Este sistema abarca el control y monitoreo preciso de la temperatura, nivel de agua e iluminación.

El módulo controlador y recolector de datos está basado en un microcontrolador PIC, el cual se integra con diversos sensores para obtener información detallada del entorno del acuario. Para lograr una comunicación efectiva, el PIC se conecta a una computadora a través de un puerto USB. Este enlace permite la transferencia de datos hacia un servidor, donde son procesados y posteriormente presentados de manera accesible en una página web [?].

2.3. Sistema de control y monitoreo para acuarios (aquarium resort)

Es un Sistema desarrollado por alumnos de ESIME Zacatenco en 2018, dicho sistema tiene como propósito monitorear los parámetros de un acuario, esto con una raspberry pi3, además, se implementa una página web y una aplicación móvil que permite consultar los parámetros del acuario y tener una bitácora de los especímenes y accesorios con los que cuenta el acuario [15].

2.4. Diseño de un sistema integral de mantenimiento y alimentación de un acuario de agua dulce con capacidad de 60 litros para una casa habitación

Es un diseño de un sistema desarrollado por alumnos de ESIME Culhuacán en 2013, dicho sistema pretende darles mantenimiento a los acuarios domésticos mediante una instalación hidro-sanitaria ya que al momento de limpiar los acuarios se necesita desechar 2/3 del agua que este contiene, además de suministrar alimento a los especímenes del acuario [16].

2.5. Marine aquarium temperature controller and the iot (internet of things)

Es un prototipo publicado en 2021 por IEEE y realizado por la Universidad de Sudáfrica, con el objetivo principal de medir la temperatura de acuarios marinos, sin embargo adicional a esto, también mide los niveles de agua y controla la iluminación led del acuario monitoreado y le permite al acuarista poder controlar y visualizar los valores de temperatura en su acuario [14].

2.6. Neptune por APEX

Actualmente existen sistemas modulares encargados del monitoreo de acuarios de arrecife (aquellos donde habitan corales), un referente en este ámbito es la marca Neptune, con su línea de productos APEX, estos sistemas pueden expandirse tanto como el usuario requiera, y también cuenta con una aplicación móvil que permite monitorear los parámetros del acuario donde se encuentran instalados sus módulos, sin embargo estos módulos tienen costos bastante altos, ya que en promedio cada módulo está alrededor de \$10,000.00mxn (consulta de precio 22 septiembre 2023), Uno de los módulos más populares de la marca es "Base A3 Apex.^{el} cual cuenta con lo siguiente:

- Supervisa temperatura y tiene alarmas audibles.
- Supervisa pH.
- Supervisa nivel de agua.
- Supervisa fugas superficiales y nivel de agua.

Tabla 3: Comparativa entre el estado del arte.

Estado del arte	Tipo de acuario	Enfoque a crianza	Monitoreo y control de:							Acceso remoto
			Nivel de agua	Salinidad	pH	amoníaco	Iluminación	Temperatura	Suministro de alimento	
Sistema de monitoreo y telemetría para la evaluación del crecimiento durante la etapa larvaria del pez blanco (<i>Chiostoma estor estor</i>) en cultivo	Aqua dulce	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	Programa de computadora
Diseño de un sistema decontrol y monitoreo para un acuario por acceso remoto.	Aqua dulce	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	Página web
Sistema de control y monitoreo para acuarios (aquarium resort)	Aqua dulce	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	Aplicación móvil
Diseño de un sistema integral de mantenimiento y alimentación de un acuario de agua dulce con capacidad de 60 litros para una casa habitación	Aqua dulce	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	No cuenta con acceso remoto
Acuario marino controlador de temperatura y el iot (internet de las cosas)	Marino	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	Aplicación móvil
APEX	Marino	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	Aplicación móvil y Pagina web

Capítulo 3. Marco teórico

3.1. Acuario marino

Son acuarios que tienen cierta concentración de sal para la supervivencia de especies marinas en cautiverio, existe la posibilidad de mantener corales y peces, pero hay que considerar que los corales son alimento de varias especies.

“La fauna y flora que puede tener un acuario marino es realmente vistosa y exótica, además de estar compuesta por un gran colorido y diversidad de formas. estrellas de mar, erizos, anémonas y corales, entre otros” [2].

3.2. Ciclo del nitrógeno

Se conoce como ciclo del nitrógeno al proceso biológico en el cual se transforma el amoníaco en nitrito y este a su vez en nitrato, por medio de bacterias especializadas en esta degradación. Este proceso es fundamental para que pueda existir vida en el mar o en un acuario en casa, el amoníaco es extremadamente tóxico para los animales marinos. En cuanto a peces les quema las branquias, inhibe todo el oxígeno presente en el acuario provocando que se sofocen; en la figura 8, se observa un diagrama de como es que se lleva a cabo el ciclo del nitrógeno.

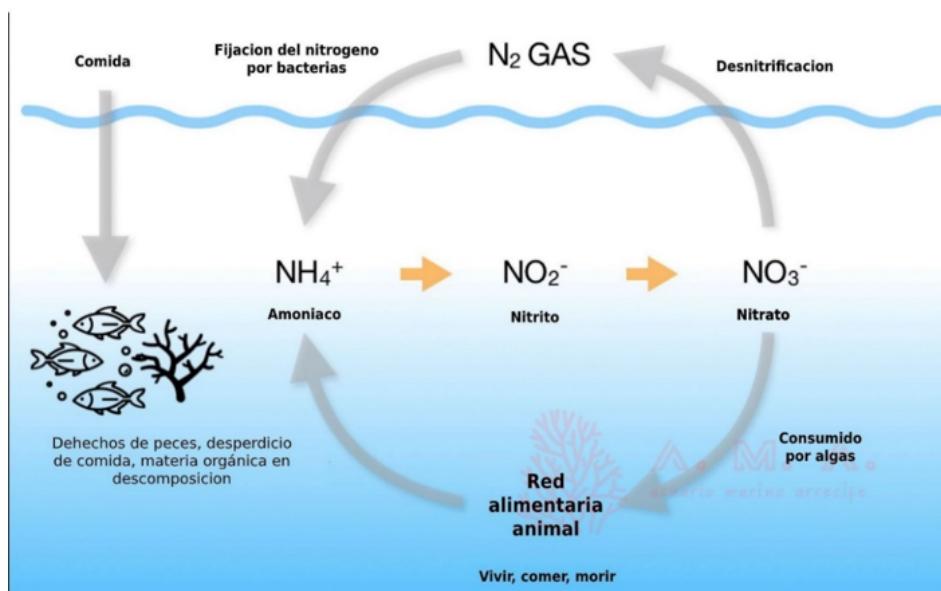


Figura 8: Diagrama del ciclo del nitrógeno[3].

3.3. Fitoplancton

Según la biología el fitoplancton es un conjunto de organismos autótrofos, es decir, aquellos que captan la energía solar y mediante el proceso de fotosíntesis son capaces de producir su propio alimento. Estos organismos viven de manera dispersa flotando en el océano, no se mantiene fijo en un solo punto. “Su nombre proviene del griego ”phyto“(planta) y ”planktos“(vagabundo)” [4]. En acuariofilia se utiliza como alimento de micro fauna (rotíferos) y para alimentar coral.



Figura 9: Imagen de cultivo maduro de Fitoplancton [Autoría Propia].

3.4. Rotíferos

Son animales dioicos, es decir, “Aquellos en que los gametos masculinos y femeninos son portados y producidos por diferentes individuos de esta especie” [11].

Los machos son más pequeños que las hembras, dependiendo la especie el tamaño oscila entre $40 \mu\text{m}$ y 3 mm , para el sistema se usara una mezcla de cepas que su tamaño aproximado es entre 40μ y 20μ .

Esta familia es el eslabón primario de la cadena alimenticia en el océano, pero resulta que se adapta muy fácil al entorno lo cual la vuelve el alimento perfecto para el criador. Soporta variaciones de temperatura de 40°C a -272°C .

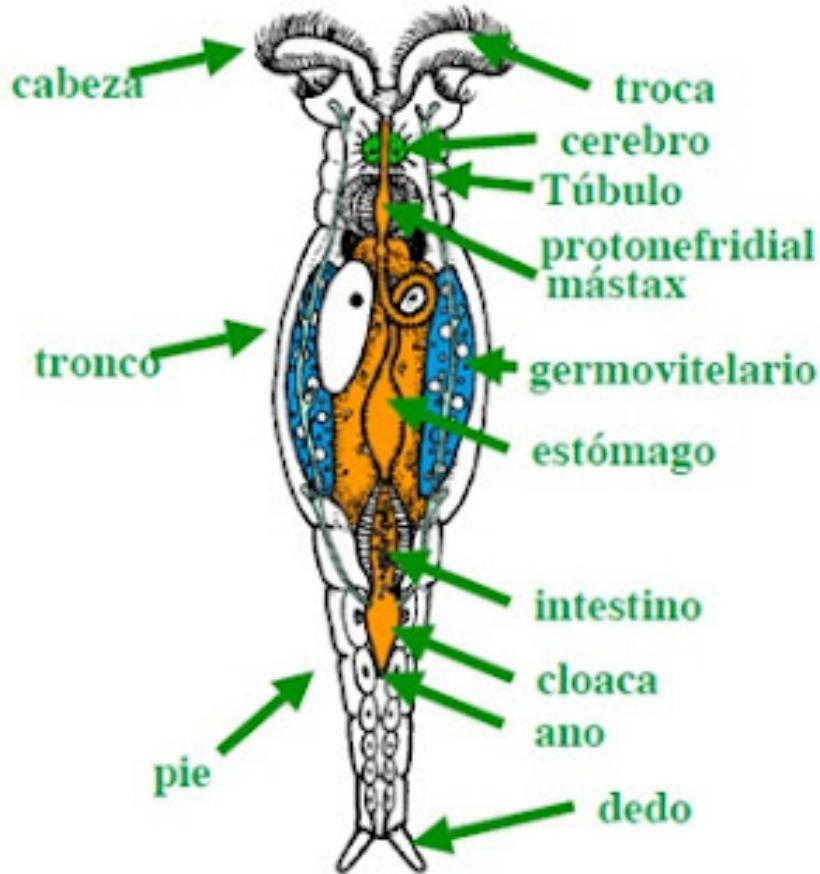


Figura 10: Esquema biológico de un rotífero recuperado de: [9].

3.5. Pez payaso y sus características

El pez payaso comúnmente llamado "Nemo" es una especie muy basta, existen más de 30 especies siendo la más famosa y la más comercializada la especie *Amphiprion ocellaris*.

Pertenecen a la familia Pomacentridae y sub-familia Amphiprioninae, el *ocellaris* más común es el naranja como en la película, pero existen diferentes formas y colores. El tamaño que alcanza esta especie está entre los 4.1cm y los 8.2cm, pero hay ejemplares en cautiverio que alcanzan un promedio de 11cm. Su esperanza de vida en cautiverio es de 12 a 14 años, mientras que en el mar máximo 11 años, pero no todos los ejemplares llegan a esta media porque son casados por depredadores o para la venta.

3.5.1. Distribución

“Es una especie marina tropical, cuyo nicho ecológico nativo se sitúa en Asia y Oceanía, en particular de los arrecifes tropicales que albergan encuentran las aguas cálidas del Indo-Pacífico” [7].

Generalmente viven en grupos llamados harem donde hay una sola hembra un solo macho y los demás no tendrán un sexo definido, siempre el más grande del harem será la hembra, mientras que el segundo en tamaño será el macho. Si la hembra muere el macho se convertirá en la nueva hembra y el ejemplar indefinido más grande, se volverá el macho. “El macho empieza a experimentar cambios neuronales que acaban por transformar los testículos en ovarios” [6].

Esta especie es hermafrodita del tipo protandrico ya que una vez que se produce cambio no puede regresar a su estado anterior.

Usualmente algún miembro es expulsado y termina formando parte de otro y refresca la calidad genética del harem. “No todas las especies de peces payaso son de cardumen, algunos son extremadamente territoriales y pendencieros” [7].

“El pez payaso está en peligro existe una pesca descontrolada del animal para el comercio de peces de acuario. El efecto Nemo actuó como una bomba” [6].

3.5.2. Alimentación

Son animales omnívoros lo cual significa que se alimenta de materia vegetal como animal, en la naturaleza su dieta está basada en zooplankton y algas, en el acuario aceptará cualquier alimento que se le ofrezca solo en estado juvenil, cuando son alevines y crías requieren la dieta especializada que tendrían en el mar.

3.5.3. Proceso de puesta de huevos de pez payaso

Cuando un pez payaso encuentra una pareja reproductora, se vuelven monógamos y se forma una pareja hasta que alguno muera [21].

La puesta de huevos se lleva a cabo en una superficie lisa, como una roca o un trozo de coral.

La hembra deposita los huevos y el macho los fertiliza posteriormente, los padres cuidan los huevos hasta que eclosionen en un promedio de 6 a 9 días. Las parejas nuevas se tienden a comer los huevos las primeras puestas, sobre todo por estrés

o falta de experiencia al querer limpiarlos de algas, aunque las parejas experimentadas pueden hacerlo, pero de forma selectiva, quitando solo los huevos podridos o que no se fertilizaron para no comprometer al nido.

3.6. Ecuación de Nernst

Una solución es capaz de generar un voltaje, esto ocurre según sea la concentración de iones de Hidrógeno (H^+) de dicha solución [27].

Se sabe que una solución ácida tiene más concentración de (H^+) que la solución alcalina. Normalmente, la concentración de estos iones se expresa en términos de pH [28].

La ecuación de Nernst debe su nombre al científico que la formuló en 1889, es una expresión matemática para calcular el potencial de reducción de un electrodo.

Es importante mencionar que esta ecuación únicamente se utiliza cuando las condiciones no son estándar, es decir, concentración de 1M, presión de 1 atm, temperatura de 25 °C o 298,15K Z [29].

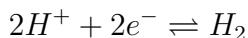
Esta ecuación relaciona el potencial de electrodo con la concentración de iones en solución. En el caso de la medición del pH, se utiliza un electrodo de vidrio sensible al ion hidrógeno (H^+). La ecuación de Nernst para un electrodo de hidrógeno sería:

$$E = E^0 + \frac{0,0592}{n} \cdot \log \left(\frac{[H^+]}{[H^+]_{\text{estándar}}} \right) \quad (1)$$

Donde:

- E es el potencial del electrodo (V).
- E^0 es el potencial estándar del electrodo, depende del electrodo específico utilizado (V).
- n es el número de electrones transferidos en la reacción redox asociada (Sin unidades).
- $[H^+]$ es la concentración de iones de hidrógeno en la solución (molar, M o mol/L).
- $[H^+]_{\text{estándar}}$ es la concentración estándar de iones de hidrógeno, generalmente 1 Molar (molar, M o mol/L).

En la ecuación de Nernst, el parámetro n representa el número de electrones transferidos en la reacción redox asociada con la especie química que el electrodo está midiendo. Para un electrodo de hidrógeno estándar, la reacción asociada es la siguiente:



En esta reacción, dos iones de hidrógeno ($2H^+$) y dos electrones ($2e^-$) se combinan para formar una molécula de hidrógeno (H_2). Dado que se trata de dos electrones transferidos en la reacción, el valor de n en la ecuación de Nernst para un electrodo de hidrógeno es $n = 2$.

Sin embargo, al calcular el pH, se utiliza el valor $n = 1$. Esto se debe a que estamos considerando la relación entre el voltaje medido y la actividad de iones de hidrógeno en lugar de la reacción redox completa del electrodo de hidrógeno. En este contexto específico, se asume un proceso simplificado con $n = 1$, y es importante reconocer que esta simplificación puede variar según el diseño y la calibración específicos del sensor de pH utilizado [30].

La relación matemática que define el pH es:

$$\text{pH} = -\log_{10}([H^+])$$

Los escala de pH va desde de 0 a 14, el valor 7 se asigna a soluciones neutras, donde la concentración de iones de hidrógeno es igual a 1×10^{-7} M. Esto se debe a que el agua pura

Si aplicamos esto a una solución neutra, obtenemos:

$$\text{pH} = -\log_{10}(1 \times 10^{-7}) = 7$$

Por lo tanto, la elección de 1×10^{-7} M como concentración estándar de iones de hidrógeno está en concordancia con la definición y la escala de pH. En la práctica, al calibrar un electrodo de pH o un sensor de pH, se utiliza esta relación para establecer la referencia estándar de pH 7.

Para obtener el valor numérico del pH en función del voltaje medido, se despeja la ecuación de Nernst y se obtiene:

$$\text{pH} = -\frac{1}{0,0592} \cdot n \cdot (E - E^0) + \log ([H^+]_{\text{estándar}})$$

Ejemplo: Un sensor de pH ha medido un voltaje de $E = 0,02$ V. Suponga también que el potencial estándar (E^0) del electrodo de vidrio es 0,41 V. De la teoría anterior se sabe que el número de electrones transferidos (n) en la reacción es 1, y la concentración estándar de iones de hidrógeno ($[H^+]$ estándar) es 1×10^{-7} M.

Usando la ecuación anterior:

$$\text{pH} = -\frac{1}{0,0592} \cdot 1 \cdot (0,02 - 0,41) + \log(1 \times 10^{-7})$$

Simplificando:

$$\text{pH} \approx 7,02$$

3.7. IoT

El Internet de las cosas (**IoT**) permite la conexión de elementos a Internet, ya sean cotidianos como un foco o especializados como dispositivos médicos. Además de esto igual permite que los gadgets accedan a internet (AD).

Tanto un interruptor que su función es enviar instrucciones a un objeto, como los sensores que recopilan datos para posteriormente enviarlos a otro objeto o lugar, son considerados dispositivos IoT.

“El término IoT hace referencia a los sistemas de dispositivos físicos que reciben y transfieren datos a través de las redes inalámbricas, con poca intervención humana” (fs). Tradicionalmente IoT funciona enviando, recibiendo y analizando de forma permanente durante un ciclo de retroalimentación. Esto a beneficiado a la informática de bajo costo, la nube, big data, analítica y tecnologías móviles ya que al existir esta retroalimentación los sistemas digitales pueden grabar, supervisar y ajustar cada interacción entre las cosas conectadas.

3.7.1. Modelo de referencia del IoT

El modelo de referencia de IoT consta de 4 capas las cuales son:

- **Capa de Aplicación:** Pone en uso la gran cantidad de información creada a partir del IoT y es donde se encuentra el mayor potencial.
- **Capa de Servicio:** Definida como computación en la nube, consta de dos grupos:

- **Funciones de soporte general:** Son funciones que pueden ser utilizadas por diferentes aplicaciones, como procesamiento o almacenamiento de datos.
 - **Funciones de soporte específico:** son funciones especiales que se adaptan a los requisitos de las aplicaciones, con el fin de proporcionar diferentes funciones de apoyo a las diferentes aplicaciones del IoT.
- **Capa de Red:** Es la infraestructura de redes alámbricas e inalámbricas, consta de los dos siguientes tipos de funciones:
- **Función de Red:** proporciona funciones de control, como el acceso y el control de recursos de transporte, la gestión de la movilidad, la autenticación, autorización y contabilidad.
 - **Función de Transporte:** es responsable de proporcionar conectividad para el transporte del servicio del IoT y la información de datos específicos de la aplicación, así como el transporte de la gestión de control.

- **Capa de Dispositivo:** La capa de dispositivo conecta todo con el Internet y es la infraestructura clave para el IoT. Consiste en la tecnología inalámbrica y la interfaz del sensor para recolectar y transmitir señales análogas/digitales al controlador principal.

Los requerimientos para la construcción de un sistema IoT, son:

- Detección y Recolección de datos.
- Capacidad de procesamiento embebido.
- Capacidad de comunicación alámbrica y/o inalámbrica.
- Software para automatizar.
- Procesamiento remoto y acceso a la nube.

3.8. Sensores o sondas

Son un dispositivo que responde a estímulos físicos, convirtiendo en una señal eléctrica de acuerdo con el estímulo y su magnitud, en otras palabras, “un sensor es un traductor de una señal generalmente no eléctrica a un valor eléctrico” [8].

Los sensores o sondas tienen una señal de entrada de cualquier tipo, es decir, puede ser de temperatura, de humedad, de luminosidad, etc. Lo que en conjunto a dispositivos que procesan la señal de salida, la cual es una señal eléctrica, permiten la interpretación e implementación de los sensores en los sistemas debido a que los sensores varían su resistencia y permiten mayor o menor voltaje de salida sea el caso.

3.8.1. Sensores con IoT

Cuando se integran sensores con IoT, los sensores pueden recopilar información del entorno y transmitirla a través de la red, facilitando la monitorización remota, la recopilación de datos en tiempo real y la toma de decisiones basada en datos. Esto se aplica en diversas áreas, como la agricultura, la industria, la salud, el hogar inteligente, entre otros.

Algunos ejemplos son:

1. Captura de datos por los sensores:

- Los sensores están diseñados para detectar y medir cambios en su entorno, como temperatura, humedad, luz, movimiento, entre otros.
- Cuando se produce un cambio, el sensor convierte esta información en una señal eléctrica o digital.

2. Procesamiento local:

- Algunos sensores pueden realizar un procesamiento inicial de los datos de manera local.
- Este procesamiento puede incluir la filtración de datos redundantes o la aplicación de algoritmos simples para reducir la carga de trabajo en las etapas posteriores.

3. Conexión a una red:

- Los sensores están equipados con tecnologías de conectividad, como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, o incluso conexiones por cable.
- Estas tecnologías permiten a los sensores establecer conexión con una red local o directamente con Internet.

4. Protocolos de comunicación:

- Los sensores utilizan protocolos de comunicación específicos para transmitir datos. Ejemplos incluyen MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) o CoAP (Constrained Application Protocol).
- Estos protocolos son diseñados para ser eficientes en la transmisión de datos, especialmente en entornos con restricciones de ancho de banda y energía.

5. Conexión a la nube:

- Los datos recopilados por los sensores se transmiten a través de Internet hasta servidores en la nube.
- Esta conexión puede realizarse mediante redes seguras y confiables.

6. Acceso y visualización de datos:

- Los usuarios autorizados pueden acceder a los datos a través de interfaces web o aplicaciones específicas.
- La visualización de datos se realiza para comprender patrones, tendencias o anomalías.

Esta relación integral entre sensores e IoT permite la creación de sistemas robustos y eficientes para la monitorización y control de entornos diversos, desde aplicaciones domésticas hasta soluciones industriales y ciudades inteligentes.

3.8.2. Cuantificación en sensores

La cuantificación en el contexto de los sensores se refiere al proceso de asignar valores numéricos a las mediciones o señales analógicas que provienen del entorno que el sensor está monitoreando. Este proceso es esencial para convertir la información analógica en una forma digital que pueda ser procesada y comprendida por

sistemas electrónicos o computadoras.

1. Señales Analógicas vs. Señales Digitales:

- Los sensores a menudo generan señales analógicas que representan de manera continua cambios en variables como temperatura, presión o luz.
- La cuantificación convierte estas señales analógicas en señales digitales, que son representadas por valores discretos.

2. Digitalización:

- La cuantificación es un componente fundamental del proceso de digitalización. Convierte la información analógica en un formato digital compuesto por una serie de números.

3. Bits y Resolución:

- La cantidad de bits utilizados en la cuantificación determina la resolución del proceso. Más bits permiten una representación más precisa de las variaciones en la señal.
- Por ejemplo, una cuantificación de 8 bits puede representar $2^8 = 256$ niveles diferentes, mientras que una cuantificación de 16 bits puede representar $2^{16} = 65,536$ niveles.

4. Error de Cuantificación:

- El proceso de cuantificación introduce inevitablemente algún nivel de error. Este error puede minimizarse utilizando más bits para la cuantificación, pero a menudo hay limitaciones prácticas en términos de velocidad y almacenamiento.

5. Cuantificación en Sensores Analógicos a Digitales (ADC):

- En muchos casos, la cuantificación se realiza mediante un componente conocido como Convertidor Analógico-Digital (ADC, por sus siglas en inglés). El ADC convierte la señal analógica continua en una serie de valores digitales.

3.9. Imágenes

Una imagen es una representación visual de un objeto, escena, idea o concepto. En el contexto digital, una imagen se compone de píxeles, que son los puntos más pequeños que la componen. Estos píxeles tienen diferentes colores y se organizan de manera que, cuando se ven en conjunto, forman una imagen coherente.

3.9.1. Imagen Digital

Una imagen o gráfico digitales representa visualmente información a través de una matriz numérica, generalmente en formato binario (unos y ceros). Dependiendo de si la resolución de la imagen es estática o dinámica, puede ser una imagen matricial (mapa de bits) o un gráfico vectorial. El mapa de bits es el formato más comúnmente usado en informática.

3.9.2. Formatos de Imágenes Digitales

BMP (Bitmap):

- Desarrollado principalmente para aplicaciones Windows.
- Forma la imagen mediante una matriz de píxeles.
- No sufre pérdidas de calidad, adecuado para manipulaciones posteriores.
- Ventaja: Guarda mucha información de la imagen.
- Inconveniente: Archivos grandes.

GIF (Graphics Interchange Format):

- Diseñado para comprimir imágenes digitales.
- Limita la paleta de colores a 256 (profundidad de color de 8 bits).
- Ideal para dibujos en la web.
- No recomendado para fotografías de alta calidad.

JPG-JPEG (Joint Photographic Experts Group):

- Admite hasta 16 millones de colores.
- Común para publicar en la web.
- Compresión puede causar pérdida de calidad aceptable.
- Ideal para fotografías en la web.

TIF-TIFF (Tagged Image File Format):

- Almacena imágenes de excelente calidad.
- Puede utilizar cualquier profundidad de color de 1 a 32 bits.
- Ideal para editar o imprimir imágenes.

- Ideal para archivar originales, pero produce archivos grandes.

PNG (Portable Network Graphic):

- Alternativa reciente al GIF.
- Mayor tasa de compresión que GIF.
- Admite más de 256 colores.
- Soportado en navegadores modernos.

Estos formatos se eligen según las necesidades específicas de la imagen, considerando aspectos como la calidad, el tamaño del archivo y la finalidad de uso.

3.10. Procesamiento de imágenes

El procesamiento digital de imágenes (PDI) es el conjunto de técnicas que se utilizan para manipular imágenes digitales, con el fin de mejorar su calidad, extraer información o facilitar su análisis. El PDI se basa en la aplicación de métodos matemáticos y computacionales a las imágenes digitales [22].

3.11. Tipos de procesamiento

3.11.1. Preprocesamiento

1. Incluye operaciones para mejorar la calidad de la imagen antes de análisis más detallados.
2. Ejemplos: ajuste de brillo y contraste, corrección de color, eliminación de ruido.

3.11.2. Filtrado Espacial

1. Aplica máscaras o filtros para realizar o suavizar ciertas características de la imagen.
2. Ejemplos: filtro de paso bajo para suavizar, filtro de paso alto para realzar bordes.

3.11.3. Transformaciones Geométricas

1. Modifica la geometría de la imagen.
2. Ejemplos: rotación, escalado, traslación.

3.11.4. Segmentación

1. Divide la imagen en regiones significativas basadas en propiedades como color, textura o intensidad.
2. Ejemplos: segmentación por umbral, segmentación basada en contornos.

3.11.5. Reconocimiento de Patrones

1. Identifica patrones o características específicas en la imagen.
2. Ejemplos: reconocimiento facial, detección de objetos.

3.11.6. Restauración de Imágenes

1. Recupera la información perdida o dañada en una imagen.
2. Ejemplos: restauración de imágenes borrosas, eliminación de artefactos.

3.11.7. Morfología Matemática

1. Aplica operaciones matemáticas a conjuntos de píxeles.
2. Ejemplos: dilatación, erosión, apertura, cierre.

3.11.8. Transformada de Fourier

1. Representa la imagen en el dominio de la frecuencia.
2. Útil para análisis de patrones de frecuencia.

3.11.9. Compresión de Imágenes

1. Reduce la cantidad de datos necesarios para representar una imagen.
2. Ejemplos: JPEG, PNG.

3.11.10. Análisis de Texturas

1. Evalúa la distribución de patrones en la imagen.
2. Útil en aplicaciones como diagnóstico médico.

Capítulo 4. Análisis de la solución

4.1. Requerimientos

Los requerimientos presentados a continuación, aseguran el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

La nomenclatura de los requerimientos será la siguiente

- Req: MC-1 Requerimiento 1 de módulo cultivos
- Req: MN-1 Requerimiento 1 de módulo nidos
- Req: MA-1 Requerimiento 1 de módulo aplicación

Tabla 4: Requerimientos de Módulo cultivos

Nombre	Descripción	Prioridad	Justificación
Req-MC-1	El sistema deberá de ser capaz de poder identificar la madurez de cada cultivo de fitoplancton y rotíferos.	Alta	Con el objetivo de brindar una alimentación adecuada a los alevines de pez payaso.
Req-MC-2	El sistema deberá de ser capaz de suministrar al módulo nidos la cantidad adecuada de alimento 4 veces al día.	Alta	Con el objetivo de brindar una alimentación adecuada a los alevines de pez payaso.
Req-MC-3	El sistema deberá de ser capaz de llenar de agua de manera automática los recipientes de los cultivos que lo requieran.	Alta	Con la finalidad de que el acuarista disminuya el tiempo que invierte en el cuidado de los cultivos, sin que estos mueran por exceso de amoníaco o por falta de cuidado.
Req-MC-4	El sistema deberá de ser capaz de identificar cual de los cultivos es más apto para suministrar alimento.	Alta	Con la finalidad de poder contar con cosechas de los cultivos la mayor cantidad de tiempo.
Req-MC-5	El sistema suministrará luz de forma artificial a los cultivos a través de lámparas o focos de 6500°K durante periodo de 8 horas.	Alta	Con la finalidad de que el fitoplancton pueda llevar a cabo su fotosíntesis y logre reproducirse, logrando así un modelo sustentable del cultivo de este ejemplar.
Req-MC-6	El sistema del módulo cultivos deberá de poder seguir en operación aun cuando no exista una conexión a internet, por lo que la programación de procesos deberá ser en la tarjeta de desarrollo.	Muy Alta	Con el objetivo de que sea un sistema con procesamiento local, para que no tenga ninguna dependencia y pueda funcionar con normalidad en cualquier momento debido a que puede que no siempre el sistema cuente con conexión a la aplicación móvil.

Tabla 5: Requerimientos de Módulo nidos

Nombre	Descripción	Prioridad	Justificación
Req-MN-01	El sistema aceptará valores máximos de amoníaco de 0.02 ppm (partes por millón), cuando el valor del amoníaco sea mayor al máximo, el sistema deberá de ser capaz de suministrar de manera automática un componente químico llamado <i>Prime</i> que permite la regulación de amoníaco, cloramina y cloro.	Muy Alta	Con el objetivo de mantener un nivel de amoníaco nulo o aceptable durante el desarrollo de los alevines, ya que el amoníaco es un parámetro que, si llega a estar fuera de rango, es muy perjudicial para los alevines, llegando a causar malformaciones genéticas o incluso la muerte de los ejemplares.
Req-MN-02	El sistema mantendrá la temperatura cercana a los 28°C, esto se logrará activando, desactivando o activando parcialmente el calentador del módulo nidos.	Media-Alta	Con el objetivo de mantener una temperatura optima durante el desarrollo de los alevines, al tratarse de un parámetro que se puede variar un poco y tener un margen de error más amplio que otros, sin embargo, la medición y control es indispensable ya que los cambios drásticos de temperatura pueden causar en los ejemplares shocks térmicos.

Nombre	Descripción	Prioridad	Justificación
Req-MN-03	El sistema mantendrá los valores de salinidad entre 26 y 33 ppt (partes por trillón), en caso de que el valor de salinidad sea superior al rango estipulado, se suministrará agua de ósmosis al módulo nidos hasta que la salinidad en este se encuentre dentro del rango aceptable.	Medio-Alto	Con el objetivo de mantener una salinidad óptima durante el desarrollo de los alevines, ya que es un parámetro con el que se tiene un margen amplio a comparación de otros, sin embargo, debido a la constante evaporación del agua en el módulo nidos, es uno de los parámetros que se pronostica que se tendrá que regular con mayor frecuencia.
Req-MN-04	El sistema mantendrá los valores de pH entre 8.0 y 8.4, en caso de que el pH sea menor al de este rango, el sistema mandará una notificación al acuarista a través de la aplicación móvil, para que este mismo rectifique el valor con algún químico comercial.	Alta	Con el objetivo de mantener un pH óptimo durante el desarrollo de los alevines.
Req-MN-05	El sistema censará los valores de pH, temperatura, y salinidad cada 5 minutos, sin embargo, el valor que enviará a la base de datos será el promedio de 12 mediciones, es decir el promedio de las mediciones realizadas en una hora.	Alto	Con el objetivo de contar con un registro histórico de los parámetros, además de que de acuerdo a los valores censado, el sistema llevará a cabo procedimientos para regularlos de ser necesario.

Nombre	Descripción	Prioridad	Justificación
Req-MN-06	El sistema mantendrá monitoreado el amoníaco con ayuda de una cámara y un indicador químico, este monitoreo se hará cada 24 horas, ya que, por la naturaleza del parámetro, este no varía de forma abrupta o repentina.	Alto	Con el objetivo de contar con un registro histórico de los parámetros, además de que de acuerdo a los valores medidos, el sistema llevará a cabo procedimientos para regularlos de ser necesario.
Req-MN-07	El sistema deberá de ser capaz de activar o desactivar la fuente de iluminación del módulo nidos, de acuerdo con el fotoperíodo e intensidad de este requerido.	Alto	Con el objetivo de mantener un control lumínico en el módulo de cultivos.
Req-MN-08	El sistema deberá de ser capaz de mantener el nivel de agua al establecido, esto con ayuda de los switches flotadores, y del censado de salinidad, ya que sea el caso se suministrará agua de ósmosis o agua salada.	Alto	Con el objetivo de que el desarrollo de los alevines no se vea comprometido por el nivel de agua, ya que este puede causar alteraciones en los valores de salinidad del módulo nidos.
Req-MN-09	El sistema del módulo nidos deberá de poder seguir en operación aun cuando no exista una conexión a internet, por lo que la programación de procesos deberá ser en la tarjeta de desarrollo.	Alto	Con el objetivo de que sea un sistema con procesamiento local, para que no tenga ninguna dependencia y pueda funcionar con normalidad en cualquier momento debido a que puede que no siempre el sistema cuente con conexión a la aplicación móvil.

Tabla 6: Requerimientos de Módulo aplicación

Requisito	Descripción	Prioridad	Justificación
Req-MA-1	La aplicación será desarrollada para dispositivos con sistema operativo Android.	Media	Con el objetivo de facilitar el desarrollo de la aplicación.
Req-MA-2	La aplicación presentará los registros históricos obtenidos del módulo nidos en forma de gráficas.	Alta	Con el objetivo de que sea una interfaz de fácil entendimiento e interpretación.
Req-MA-3	La aplicación permitirá crear usuarios.	Alta	Con el objetivo de que cada usuario cuente con el registro aislado de su sistema de crías.
Req-MA-4	La aplicación permitirá iniciar sesión en cualquier dispositivo que cuente con la aplicación.	Alta	Con el objetivo de que el usuario pueda consultar el estado de su criadero desde cualquier dispositivo compatible con la aplicación.
Req-MA-5	La aplicación tendrá una opción de consulta en “tiempo real”, con la cual el usuario podrá consultar los parámetros dentro del criadero en el momento que lo desee, cabe recalcar que solo se mostrará una lectura del momento en que se solicita, por lo no será una consulta continua, solo del instante en el que se solicita.	Media	Con el objetivo de que el acuarista pueda consultar el estado de su criadero en el momento que el lo desee sin esperar a que se actualice el registro de las mediciones tomadas por la tarjeta de desarrollo.
Req-MA-6	Cuando la conexión entre tarjeta de desarrollo-aplicación móvil sea inexistente, la aplicación notificará sobre la situación.	Alta	Con el objetivo de que el acuarista esté informado de hay un falló en la comunicación y pueda tomar acción ante la situación.

4.2. Análisis Tarjeta de desarrollo

La tarjeta de desarrollo es un componente indispensable en el desarrollo del sistema, ya que desempeña un papel crucial en el procesamiento de imágenes y de señales, así mismo se encargará de obtener los datos que son necesarios para el funcionamiento de cada módulo.

Además, llevará acabo el proceso de transmisión de los datos recopilados a la base de datos, donde estos serán registrados para su posterior análisis y gestión.

La tarjeta que será propuesta debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Pines analógicos y pines digitales
- Pines de propósito general
- Compatibilidad con estándares de comunicación
- Soporte de periféricos integrados
- Compatibilidad con entornos de desarrollo
- Conectividad inalámbrica
- Soporte para cámaras

Dichas especificaciones son necesarias para el desarrollo del sistema, puesto que permitirá la interacción con los módulos, sensor o sondas sin problemas de compatibilidad o limitaciones de hardware.

De igual manera se tendrá en cuenta la capacidad para procesar datos y manejar diversas tareas de forma simultánea.

A continuación se realiza un análisis sobre las posibles tarjetas de desarrollo.

Tabla 7: Comparación de tarjetas de desarrollo propuestas.

Tarjeta de desarrollo	Procesador	CAD	Resolución de CAD	Tecnologías inalámbricas compatibles	Compatibilidad con cámaras	Lenguajes de programación	EEPROM	RAM	Velocidad de reloj	Pines GPIO
Arduino Mega [58]	Atmega2560	16 pines	10 bits	Es compatible mediante módulos	Es compatible mediante módulos	Arduino (C++), C, Wiring, Processing	256 KB	8 KB	16 MHz	54 pines
Raspberry Pi 3B+ [59]	Broadcom BCM2837B0 Cortex-A53	Distintos módulos ADC	-	Wi-Fi 2.4/5 GHz, Bluetooth 4.2 / BLE	4 puertos USB, puerto CSI para cámara	Python, C/C++, Java, JavaScript, etc.	-	1 GB	1.4 GHz	40 pines
Raspberry Pi 4B [60]	Broadcom BCM2711B0, quad-core Cortex-A72	Distintos módulos ADC	-	Wi-Fi 2.4/5 GHz, Bluetooth 4.2 / BLE	4 puertos USB, puerto CSI para cámara	Python, C/C++, Java, JavaScript, etc.	-	2/4/8 GB	1.5 GHz	40 pines
ESP32 [61]	Xtensa LX6	-	12 bits	Wi-Fi 802.11 b/g/n/e/i, Bluetooth v4.2	-	-	4 MB / 8 MB	512 KB a 4 MB	240 MHz	-
Beagle Bone [62]	Texas Instruments Sitara AM335x Cortex-A8	7 pines	12 bits	Es compatible mediante módulos	USB, CSI, MIP, etc.	Python, C/C++, Java, JavaScript, etc.	4 GB	512 MB	1 GHz	92 pines

Se ha decidido implementar una Raspberry Pi 4 Model B, como se muestra en la figura 11. Esta versión se distingue por su alta velocidad de reloj, lo que se traduce en una mayor capacidad de procesamiento. Además, ofrece múltiples configuraciones de memoria RAM. Incluso en su configuración básica, la Raspberry Pi 4B cuenta con 2GB de RAM, duplicando así la capacidad de la Raspberry Pi 3B+, que dispone solo de 1GB. Esto permite la ejecución de programas y procesos más demandantes, mejorando significativamente el rendimiento.



Figura 11: Raspberry Pi Model 4 B.

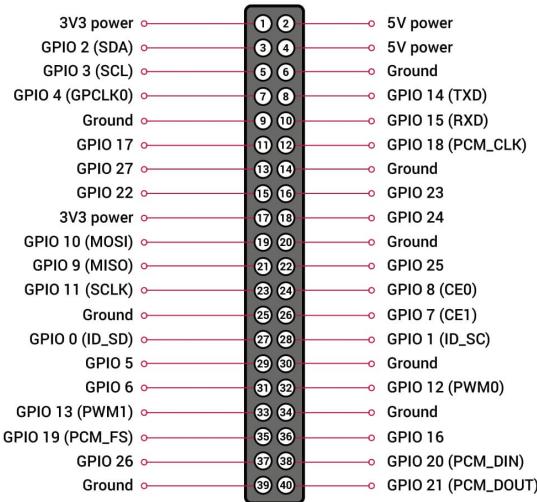


Figura 12: Distribución de pines de Raspberry Pi Model 4 B.

Sin embargo, es importante destacar que esta tarjeta no cuenta con un convertidor analógico a digital (ADC) integrado, esto se puede verificar en la tabla descrita anteriormente. Por lo tanto, se implementará un ADC adecuado lo cual permitirá obtener mediciones de los sensores con una mayor resolución, lo que se traduce en una mayor precisión en las mediciones realizadas.

A continuación en la tabla 8, se presentan algunas opciones de ADC propuestas para superar esta limitación de hardware en la tarjeta seleccionada.

Tabla 8: Comparación de ADC propuestos.

ADC	Resolución	Niveles de continua-ción	Velocidad de Mues-treo	Canales	Interfaz de comunica-ción	Presión
ADS1015 [63]	12 bits	4096	Hasta 3.3 kSPS	4	I2C	± 0.5 LSB
ADS1115 [64]	16 bits	65,536	Hasta 860 SPS	4	I2C	± 0.5 LSB
MCP3008 [65]	10 bits	1024	Hasta 200 kSPS	8	SPI	± 1 LSB
MCP3208 [66]	12 bits	4096	Hasta 100 kSPS	8	SPI	± 1 LSB
PCF8591 [67]	8 bits	256	Hasta 200 SPS	4	I2C	± 1 LSB
MAX11612 [68]	12 bits	4096	Hasta 200 kSPS	8	SPI	± 2 LSB
ADS1256 [69]	24 bits	16777216	Hasta 30 kSPS	8	SPI	± 2 LSB

Para el módulo nidos, es fundamental llevar a cabo mediciones de varios parámetros como lo son: Salinidad, pH, nivel de agua y temperatura. Mientras que en el módulo cultivos, es necesario monitorear el nivel de agua en cada uno de los cultivos, para así siempre se pueda tener alimento disponible.

Es importante tener en cuenta que los cambios en estos parámetros no suelen ser bruscos ni repentinos de forma natural. Por lo tanto, si bien la velocidad de muestreo es relevante, la precisión de las mediciones es un aspecto indispensable a considerar.

El término LSB (Least Significant Bit, o Bit Menos Significativo) es un indicador de la precisión en los ADC. Sin embargo, este valor está directamente relacionado con la resolución del ADC. Es importante destacar que, aunque el valor numérico del LSB para el modelo ADS1256 es mayor, en términos físicos es menor en comparación con el ADS1015.

Para determinar el voltaje mínimo necesario para que el ADC registre un cambio, se utiliza la fórmula:

$$(Voltaje/NivelesDeCuantizacion) * LSB \quad (2)$$

Para el modelo ADS1256:

$(5 / 16777216) * 2 = 596.04$ nV Para el modelo ADS1015:

$(5 / 4096) * 0.5 = 610,351.56$ nV

Teniendo en cuenta estos cálculos, se implementará el modelo ADS1256 debido a su capacidad para registrar cambios con un voltaje menor .

4.3. Análisis de sensor/sonda de temperatura y pH

4.3.1. Análisis de sensor de temperatura

Se requiere un dispositivo diseñado para medir la temperatura del agua dentro del sistema, con el fin de poder controlar cuando es que el calentador necesita aumentar o disminuir temperatura que suministra para poder regular este parámetro en el sistema a implementar.

Sensor DS18B20: Este sensor es idóneo para medir la temperatura en ambientes húmedos e incluso dentro del agua. Esto es debido a que existe una versión en forma de sonda impermeable.

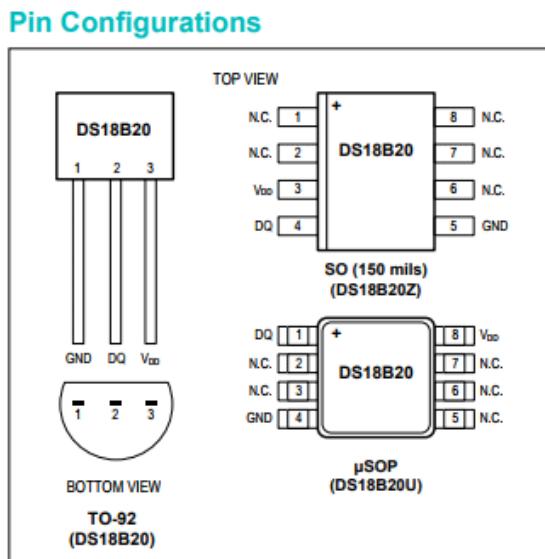


Figura 13: Configuración de Pines del DS18B20.

VDD: Es la tensión de alimentación (3V a 5,5V.)

GND: Referencia 0V del circuito.

DQ: Pin de datos, recibe los datos en el protocolo 1-Wire.

Especificaciones:

- El rango de temperaturas de este sensor va desde -55°C a 125°C.
- El rango de error depende de la temperatura medida como lo ilustra la figura 14.



Figura 14: Rango de error DS18B20.

- El DS18B20 admite resoluciones de 9-bit, 10-bit, 11-bit y 12-bit. Por defecto utiliza la resolución de 12-bit.

Tabla 9: Precisión del DS18B20.

Resolución	Temperatura
9-bits	0.5 °C
10-bits	0.25 °C
11-bits	0.125 °C
12-bits	0.0625 °C

W1209 Control de Temperatura NTC

El W1209 Control de Temperatura, mostrado en la figura 15, incluye un sensor de temperatura impermeable NTC (10 K 0.5 %), el módulo se configura generalmente para activar o desactivar el relé en función de un umbral de temperatura predefinido.

El W1209 Control de Temperatura 12 V DC es útil en proyectos de control de temperatura, como incubadoras, sistemas de climatización, sistemas de refrigeración, sistemas de calefacción, entre otros, debido a su simplicidad y bajo costo.

Especificaciones:

- **Voltaje de alimentación:** 12 VDC
- **Voltaje de operación:** 3.3 V (regulación 12 V a 3.3 V incluida en el módulo)
- **Temperatura y Humedad para el módulo:** Temperatura desde -10°C hasta 60°C y Humedad desde 20 % hasta 85 %

- **Temperatura y Humedad para el sensor:** Temperatura desde -50°C hasta 110°C y Humedad desde 0 % hasta 100 %
- **Frecuencia de actualización:** 0.5 seg
- **Largo del cable:** 45 cm
- **Dimensiones:** 4.8 cm X 4 cm X 1.5 cm
- **Peso:** 25 g



Figura 15: Sensor W1209.

4.3.2. Análisis de Sonda/Sensor de pH

Para la medición de pH es necesario una sonda o sensor, este parámetro requiere estar entre 8.1 a 8.4 por lo que en la tabla 10, se proponen algunos

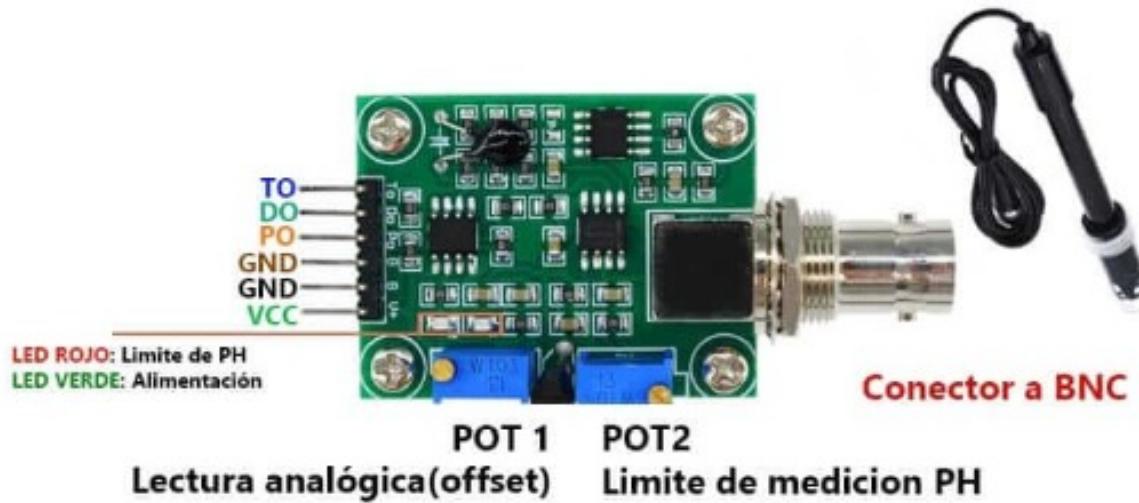
Tabla 10: Sensores y Sondas de pH propuestos.

Sensor	Rango de Trabajo	Tiempo de respuesta	Precisión	Interfaz de Comunicación
Garosan9atbz	0-14 pH	<5 segundos	No se especifica	Conector BNC
Rechargeable PH Meter	0-14 pH	No se especifica	No se especifica	Conector BNC
FTVOGUE	0-14 pH	5 segundos	No se especifica	Conector BNC
PH Electrode Sensor Probe	0-14 pH	No se especifica	No se especifica	Conector BNC

Aunado a esto, todos los sensores propuestos en la tabla 10, solo pueden ser expuestos por cierto tiempo al líquido que se analiza, por lo que al tomar en cuenta este aspecto se considera la siguiente alternativa.

PINOUT

Sensor de PH Liquido PH-4502C con electrodo E201-BNC



TO: Salida Analogica de Temperatura

DO: Salida Digital de PH Limite (3.3V)

PO: Salida Analogica de PH(V)

GND: Masa del Circuito Analógico

GND: Masa de Alimentación

VCC: 5V

Figura 16: Pines del Sensor pH-4502C.



Figura 17: Vista del Sensor PH-4502C con BNC.

Elección de la sonda de pH/Temperatura:

El sensor pH-4502C resulta ser el más viable ya que además de poder permanecer sumergido ya que cuenta con un electrodo E201-BNC, este tiene la capacidad de medir los parámetros tanto de temperatura como de pH. Las salidas de este sensor son analógicas, ya que mide 2 parámetros permite reducir la cantidad de pines que se deben configurar por lo mencionado anteriormente se propone su implementación.

4.4. Análisis de Sensor de Salinidad/ Conductividad

Los sensores comerciales tanto de conductividad como de salinidad resultan ser inviables para el sistema, ya que cuentan con una escala de 0 a 1 ppt, no obstante existen sensores industriales pero su alto costo no permite disponer de alguno para su implementación.

El sistema requiere medir rangos entre 26 a 33 ppt, por esto se propone implementar un sensor de fabricación propia para realizar las mediciones, el diseño se extrajo de [56].

Se propone este sensor debido a que en la tesis consultada, existe un apartado donde se realizan pruebas con sensores industriales y la diferencia entre mediciones no es de relevancia.

Es importante mencionar que solo se tomo de inspiración ese sensor al momento de elegir placas de aluminio para poder calcular la resistividad de estas, sin embargo se agregaron más elementos innovadores al sensor para que sea compatible con nuestro sistema, los cuales se pueden observar en la siguiente figura.

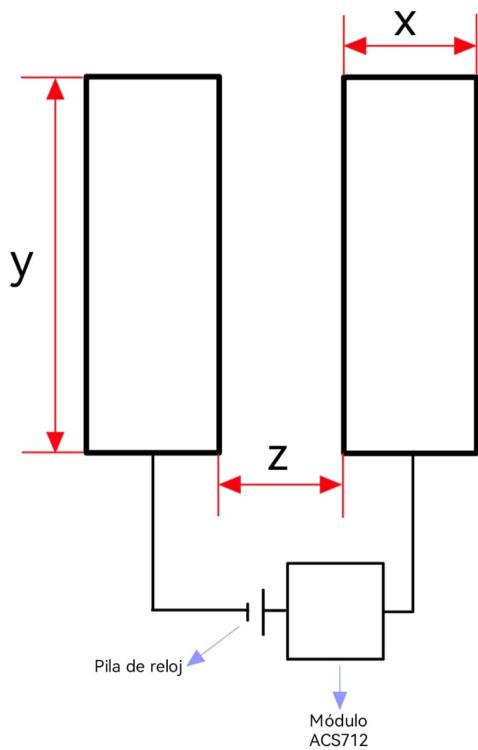


Figura 18: Diagrama del sensor propuesto.

En la figura anterior , se observa el diagrama general del sensor, el cual cuenta con:

- Dos placas de aluminio de X*Y centímetros
- Una batería de reloj (1.5v)
- Un módulo ACS712
- Un tubo de PVC

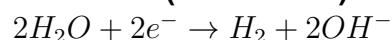
Las placas de aluminio tienen una medida X*Y en centímetros, estas dimensiones pueden cambiar sin ninguna restricción puesto que se ocupan para calcular el área de la placa, la cual se requiere en la fórmula de la resistividad.

Proponemos utilizar una batería de 1.5V ya que al tener placas de aluminio en contacto con agua salada, existe el fenómeno de la electrolisis, que en pocas palabras es un proceso químico que al aplicar una corriente eléctrica genera una reacción química no espontánea. Es decir, se utiliza electricidad para descomponer compuestos químicos en sus iones constituyentes (aniones y cationes).

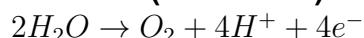
Este proceso se suele utilizar en aplicaciones industriales como la refinación de oro. Para la selección de la batería de reloj se consideró que la electrólisis requiere de un voltaje que sea suficiente para superar los potenciales de reducción y oxidación de las reacciones, por ello si el voltaje es menor a este umbral no se llevará a cabo la electrólisis.

Para la electrólisis del agua, las reacciones involucradas y sus potenciales son:

Cátodo (Reducción):



Ánodo (Oxidación):



De estas fórmulas se obtiene un potencial estándar, estos se calculan y determinan experimentalmente bajo condiciones estándar (1 M de concentración, 1 atm de presión y 25 °C de temperatura). Los valores de estos potenciales se miden en comparación con un electrodo de referencia, comúnmente el electrodo estándar de hidrógeno (SHE), que tiene un potencial asignado de 0.00 V.

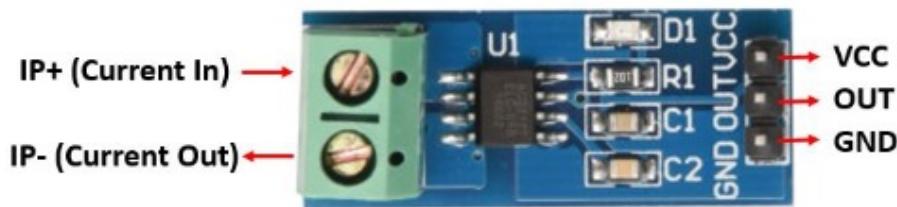
Se sabe que el potencial estándar para el proceso de Reducción es de aproximadamente -0.83V, mientras que para el de Oxidación es aproximadamente +1.23V. La diferencia de potencial mínima teórica para que la electrólisis del agua ocurra es aproximadamente 1.23V + 0.83V = 2.06V.

Como se puede observar no hay suficiente energía para las reacciones redox necesarias para la electrólisis, ya que los iones no reciben la energía suficiente para moverse hacia los electrodos y reaccionar.

La batería de reloj de 1.5V no supera este umbral y por ello se conecta a las terminales del sensor, para así tener un voltaje constante y una intensidad de corriente I_x entre las terminales del sensor, la cual dependiendo de los minerales disueltos en el agua aumentará o disminuirá.

Se propone implementar el módulo ACS712 para poder medir la corriente existente entre las placas del sensor.

ACS712 Pinout



Pin No.	Nombre del pin	Descripción
1	Vcc	El voltaje de alimentación generalmente requiere 5 V
2	Salida	Salidas Voltaje analógico proporcional a la corriente
3	Tierra	debe estar conectado a tierra a la tierra del sistema
T1	Entrada de cable	W conectamos aquí el cable a través del cual se debe medir la corriente
T2	Salida de cable	

Figura 19: módulo ACS712.

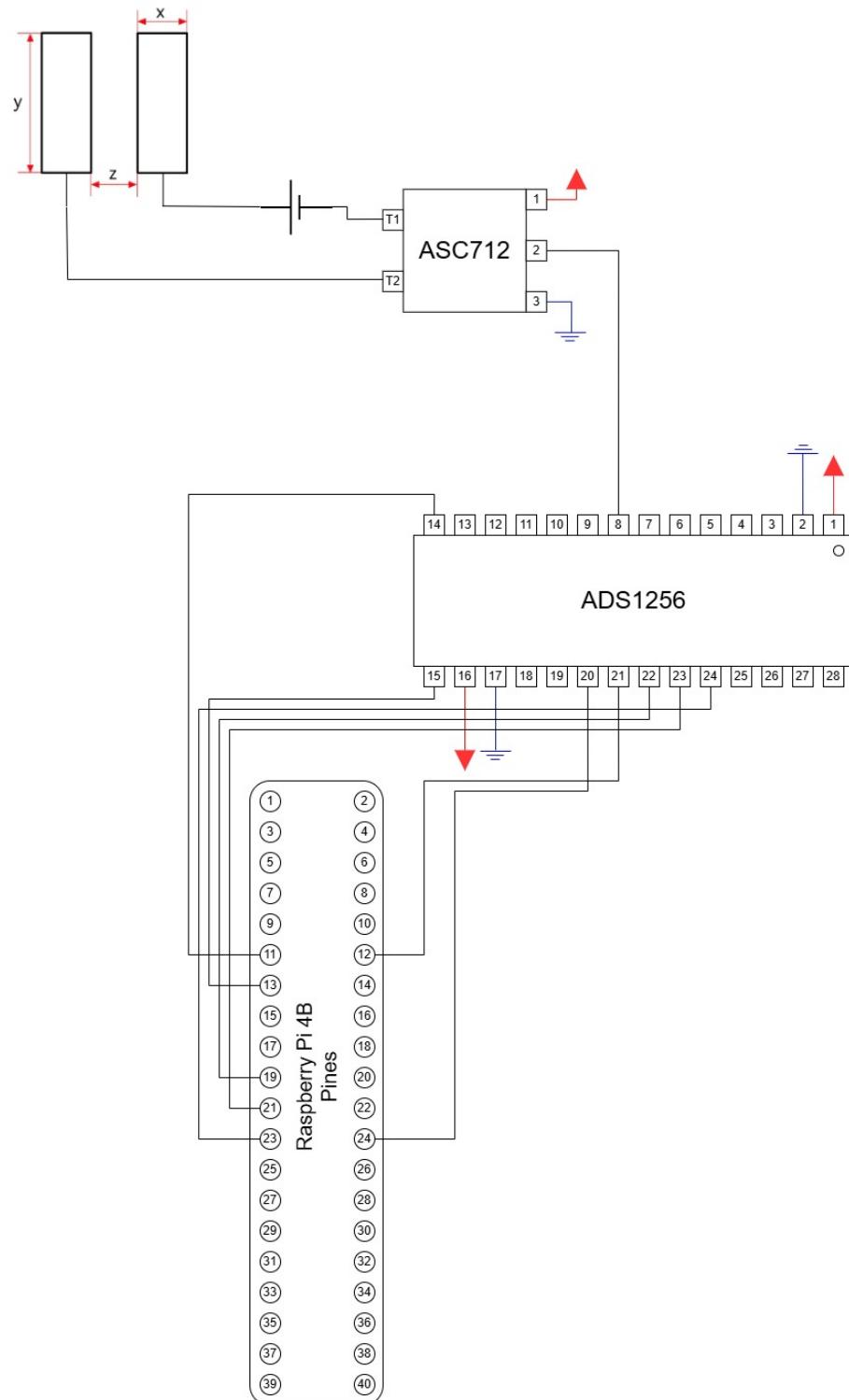


Figura 20: Diagrama de conexión del sensor propuesto al ADS712 y de este último a la tarjeta de desarrollo.

Al tener un voltaje constante en las placas y por medio del módulo ACS712 es posible calcular dicha resistencia siguiendo la ley de Ohm. Este valor es importante ya que será el que se sustituya en la fórmula de resistividad para a su vez poder calcular la conductividad.

La Ley de Ohm se expresa como:

$$R = \frac{V}{I}$$

Donde:

- R es la resistencia (Ω).
- V es el voltaje aplicado (V).
- I es la corriente medida (A).

Fórmula para calcular la resistividad (ρ) es:

$$\rho = R \cdot \frac{A}{d}$$

Donde:

- ρ es la resistividad ($\Omega \cdot m$).
- R es la resistencia medida entre las placas (Ω).
- A es el área de una de las placas en contacto con el agua (m^2).
- d es la distancia entre las placas (m).

Fórmula para calcular la conductividad (σ) es:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Donde:

- σ es la conductividad (S/m (Siemens por metro)).
- ρ es la resistividad ($\Omega \cdot m$).

Posteriormente para el cálculo de la salinidad en la escala que se requiere para el sistema (ppt) se debe hacer una conversión de milisiemens por centímetro (mS/cm) a Partes por trillón (ppt).

El sensor propuesto mide la conductividad en el Sistema Internacional, por ello las unidades son (S/m), se requiere hacer una conversión para que el resultado esté expresado en (mS/cm), se usará la siguiente relación:

$$1 \text{ S/m} = 1000 \text{ mS/m} = 1000 \text{ mS}/100 \text{ cm} = 10 \text{ mS/cm}$$

$$\text{Conductividad (mS/cm)} = \text{Conductividad (S/m)} \times 10$$

Existe una relación de: $1 \text{ mS/cm} \approx 0,493 \text{ ppt}$, la cual proviene de una correlación empírica ampliamente utilizada en oceanografía y estudios de calidad del agua [101].

- **Estudios Empíricos:** A lo largo de décadas, los investigadores han medido la conductividad y la salinidad en diversos ambientes acuáticos, incluidos océanos, lagos y cuerpos de agua salada. Esta observación empírica ha establecido una relación aproximada entre la conductividad eléctrica y la concentración de sales disueltas.
- **Validación en Agua de Mar:** En particular, la relación de 0,493 se ha validado principalmente para agua de mar estándar, donde la composición de sales disueltas sigue patrones relativamente consistentes.

Para estimar la salinidad en partes por mil (ppt) a partir de la conductividad en milisiemens por centímetro (mS/cm), podemos usar la relación empírica:

$$\text{Salinidad (ppt)} \approx \text{Conductividad (mS/cm)} \times 0,493$$

De esta manera se obtendrá el valor de salinidad existente en el sistema en la escala requerida.

4.5. Análisis de Cámara

OV7670:

Es un módulo de cámara FIFO disponible de diferentes fabricantes con diferentes configuraciones de pines. El OV7670 mostrado en la figura 21, proporciona imágenes de 16 bits de color con 8 bits de bus de datos, con ventana y fotograma completo en una amplia gama de formatos. La matriz de imágenes puede funcionar a hasta 30 fotogramas por segundo (fps) en VGA.

Especificaciones:

- Matriz de sensores de imagen (de aproximadamente 656 x 488 píxeles)
- Generador de tiempo
- Tiene convertidores A / D
- Cuenta con un procesador de señales analógicas y un procesador de señal digital (DSP)
- Salida de control de flash LED y estroboscópico
- Puerto de vídeo digital

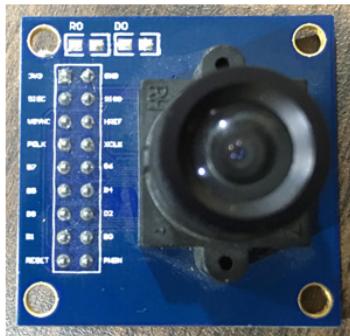


Figura 21: Cámara OV7670.

La cámara viene con señales de protocolo de enlace como:

- **VSYNC:** Salida de sincronización vertical: baja durante el cuadro
- **HREF:** Referencia horizontal: alta durante los píxeles activos de la fila
- **PCLK:** Salida de reloj de píxeles

Además de esto, tiene varias señales más como

- **D0-D7:** Salida digital de componente de video YUV / RGB de 8 bits
- **PWDN:** Selección del modo de apagado: modo normal y modo de apagado
- **XCLK:** Entrada de reloj del sistema

El OV7670 se sincroniza desde un oscilador de 24MHz. Esto da una salida de reloj de píxeles (PCLK) de 24 MHz. El FIFO proporciona 3 Mbps de memoria intermedia de cuadros de video. El generador de patrones de prueba presenta un patrón de barra de color de 8 barras, patrón de barra de color que se desvanece a gris.

Raspberry Pi Camera Module V2 8MP:

Se conecta a cualquier Raspberry Pi o Compute Module para crear fotografías y vídeo HD.

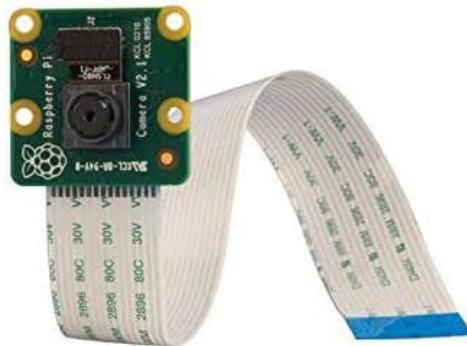


Figura 22: Raspberry Pi Camera Module V2 8MP.

Utiliza el sensor de imagen IMX219PQ de Sony que ofrece imágenes de vídeo de alta velocidad y alta sensibilidad, además ofrece contaminación de imagen reducida como ruido de patrón fijo y borrones. Dispone también de funciones de control automático como el control de exposición, el balance de blancos y la detección de luminancia.

Especificaciones:

- Módulo de cámara capaz de una resolución de 3280 x 2464 píxeles
- Imágenes de alta calidad
- Captura de vídeo a 1080p/30, 720p/60 y 640p x 480p/90
- Sensor de imagen Sony IMX219 de 8MP
- Compatible con 1080p, 720p/60 y VGA90

- Cable plano de 15 contactos
- Temperatura de funcionamiento máxima: +60 °C
- Temperatura de Funcionamiento Mínima: -20 °C
- Dimensiones del producto de 25 x 23 x 9 mm
- Máxima frecuencia de imagen captura: 30fps
- Enfoque fijo de 8 megapíxeles (incluye herramienta de ajuste de enfoque)

Raspberry Pi NoIR Módulo de cámara:

Cuenta con las mismas características que el módulo anterior, con la única diferencia importante de que tiene la capacidad de tomar fotos por infrarrojo



Figura 23: Raspberry Pi NoIR.

Se utiliza a menudo para cámaras de seguridad o para tomar fotos en un entorno con poca luz, el precio es más elevado que el módulo V2

Elección de la cámara:

En la página 4 se mencionan los motivos por los cuales se decidió implementar la Raspberry Pi Model 4 B, las cámaras OV no serían tan versátiles como las dedicadas a Raspberry, se propone:

La cámara Module V2 8MP y la NoIR

Después de realizar un análisis entre costo/beneficio, la diferencia más notoria que se encontró fue la capacidad de tomar fotos por infrarrojo (NoIR) y el costo elevado que provoca esta característica extra.

Por lo cual la cámara seleccionada será la **Module V2**, el sensor de imagen IMX219PQ será muy útil en el PDI (Segmentación por color) ya que ofrece alta calidad y poca contaminación así como poco ruido.

Al necesitar de dos cámaras para el sistema, es decir, uno para le módulo nidos y otro para el módulo cultivos, es importante considerar el uso de un módulo externo ya que la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 4B+ solo cuenta con un puerto CSI (Camera Serial Interface), se propone el uso del módulo Multi Camera Adapter Module V2., el cual cuenta con las siguientes características:

- **Compatibilidad:**

- Raspberry Pi (modelos con interfaz CSI)
- Cámaras compatibles con Raspberry Pi como las basadas en sensores IMX219, OV5647, y más

- **Número de Cámaras Soportadas:** Hasta 4 cámaras simultáneamente

- **Interfaz de Conexión:** CSI (Camera Serial Interface)

- **Intercambio de Cámaras:** Soporte para multiplexado, permitiendo el uso secuencial de las cámaras conectadas

- **Sincronización de Cámaras:** No soporta la captura simultánea de todas las cámaras, solo secuencial

- **Control:**

- Mediante software de control en Raspberry Pi
- Compatible con librerías y scripts comunes para cámaras Raspberry Pi

- **Conektor CSI:** 15 pines, compatible con los cables flexibles estándar de cámara Raspberry Pi
- **Fuente de Alimentación:** Alimentado a través de la Raspberry Pi
- **Aplicaciones:**
 - Sistemas de visión multi-cámara
 - Proyectos de monitoreo y vigilancia
 - Robótica y drones con múltiples vistas de cámara
- **Documentación y Soporte:** Amplia documentación y soporte técnico disponible

4.6. Análisis de Switch flotador

Sensor De Nivel Flotador Vertical:

El Sensor de Nivel Vertical es un dispositivo electromecánico que permite detectar el nivel de agua, actúa como un switch o interruptor que cambia de estado cuando el nivel de agua alcanza la pieza móvil del sensor y cuando se baja densidad se correrá según la altura del agua.

Especificaciones:

- **Modelo:** MD-5210P
- **Dimensiones:** 68 mm x 24 mm
- **Voltaje de operación:** 0v-100v
- **Corriente de operación:** 0.5A
- **Potencia máxima:** 10W
- **Resistencia de contacto:** 100 Mega Ohms



Figura 24: Flotador Vertical.

Sensor de nivel de líquido horizontal:

Cuando el nivel del líquido sube el flotador se activa, el modo de operación puede ser modificado para que el sensor se active en alto o bajo.

Especificaciones:

- **Voltaje de operación:** 0v-100v
- **Corriente de operación:** 0.5A
- **Potencia máxima:** 10W



Figura 25: Flotador Horizontal.

Elección del flotador:

Los modelos propuestos son genéricos por lo cual todas sus especificaciones son iguales, la única diferencia existente es la orientación del flotador.

Por temas de diseño, se propone un flotador vertical ya que para que se mantenga en esa posición consideramos hacer una base con impresión 3D y se propone fijarlo al cristal con imanes de neodimio que son aptos para utilizarse en acuarios, esta base hará más fácil su fijación.

4.7. Análisis Controladores de Corriente Alterna

Debido a los requerimientos del sistema, es indispensable contar con componentes que permitan la comunicación entre tarjeta de desarrollo – actuadores(motores, luces y calentadores), ya que estos requieren de corriente alterna para poder funcionar, por lo que para esta tarea se propone el uso de relevadores u opto acopladores.

4.7.1. Opto acopladores/opto aisladores

Los optoacopladores son dispositivos que, mediante luz, permiten transmitir una señal entre dos circuitos eléctricos, con la finalidad de proporcionar un aislamiento entre ellos; consisten en un emisor de luz tal como un LED y un fototransistor.

4.7.2. Relevadores

Son dispositivos electromagnéticos que funcionan como interruptores controlados de manera electrónica, estos consisten en una bobina que al recibir corriente eléctrica crea un campo electromagnético y activa un interruptor que abre o cierra los circuitos.

4.7.3. Comparación entre Relevadores y Opto acopladores

Tabla 11: Comparativa entre relevadores y opto acopladores.

Característica	Relevadores	Optoacopladores
Funcionamiento	Electromagnético/ Mecánico	Basado en luz infrarroja
Aislamiento Eléctrico	Si	Si
Tiempo de respuesta general	Mayor tiempo de respuesta que su contra parte	Menor tiempo de respuesta que su contra parte
Vida útil	Menor tiempo de vida, debido al desgaste mecánico que sufre al funcionar	Mayor durabilidad que su contra parte
Consumo de energía	Mayor debido a la bobina	Bajo consumo
Resistencia a vibraciones y golpes	Debido a las partes mecánicas de estos dispositivos, tienen una menor resistencia a movimientos externos	Debido a que su funcionamiento es mediante emisión y recepción lumínica, presenta una mayor resistencia a los movimientos externos.

De acuerdo con el análisis de la tabla anterior, se propone el uso de optoacopladores, en especial de un MOC3021[70], mostrado en la figura 26, el cual es un fototriac que permite controlar la corriente alterna, a continuación de presentan unas características de el dispositivo:

- **Número de Canales:** 1 canal
- **Voltaje de Aislamiento:** 7500 VRMS entre el LED de entrada y la salida del triac
- **Voltaje de Pico Repetitivo de Bloqueo (V_{DRM}):** 400 V
- **Corriente de Encendido del LED (I_F):** Máximo de 15 mA para activar el triac
- **Corriente de Salida del Triac (I_T):** Máximo de 100 mA (RMS)

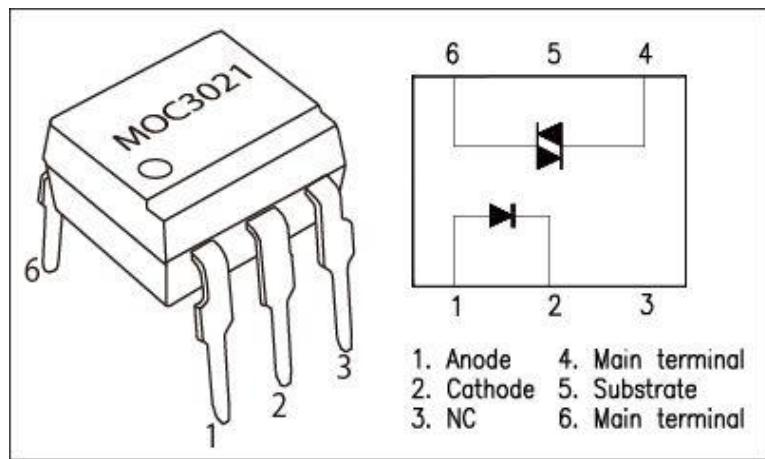


Figura 26: MOC3021.

4.8. Análisis de lenguajes de programación

En la sección 6.2 se decidió utilizar la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi Model 4 B, la cual en si es un mini computador y puede ser programada en diversos lenguajes, sin embargo los más utilizados son:

- Python [71]
- Scratch [72]
- JavaScript [73]
- C++ [74]

Características de Python:

Python es un lenguaje de programación creado en 1990. Se trata de un código que se basa en C y es un lenguaje de alto nivel que permite crear operaciones simples y complejas.

Cuenta con multitud de librerías y extensiones que hacen que soporte otros códigos como Java, C, C++ o JSON.

Una ventaja es que si se coloca un valor dentro de la variable ya sean números, letras, texto, booleano. La variable automáticamente detectara su tipo, no hace falta que se le indique.

■ Orientado a objetos:

Esto quiere decir que Python reconoce el concepto de encapsulación de clases y objetos, también permite crear clases de objetos heredados. Esto quiere decir que, a partir de cosas ya hechas, se pueden crear nuevas clases que heredarán los atributos de las anteriores, lo que simplifica y mejora la eficiencia a largo plazo del código.

■ Código abierto:

Se trata de un lenguaje de programación de código abierto. Cualquiera puede crear y contribuir para su desarrollo.

Esto hace que cuente con una gran comunidad que se vuelca para mejorar y facilitar el aprendizaje de este sistema de programación. Además, se puede descargar gratis para cualquier sistema operativo, ya sea Windows, Mac o Linux.

- **Lenguaje multiparadigma:** Ya que soporta más de un paradigma (modelo de desarrollo de la programación).
- **Interpretado:** Porque el intérprete va a traducir el código según se vaya necesitando
- **Tipado Dinámico:** Permite la mutación (transformación) de variables.
- **Multiplataforma:** Porque se puede ejecutar en cualquier sistema operativo que se requiera

Características de Scratch:

Scratch es un programa informático que permite a los niños iniciarse en el mundo de la programación por medio de un sencillo lenguaje visual y modular. Estos bloques gráficos funcionan como piezas de lego, que al juntar de forma ingeniosa permiten crear acciones complejas y a su vez, verdaderos programas informáticos.

- **Programación por bloques y módulos:** En Scratch se trabaja con programación por bloques. Cada bloque ofrece una serie de comandos y acciones disponibles que, al juntarse, generan módulos.

Estos últimos pueden ser bloques de eventos, sonidos y movimientos de gráficos, y son los que permiten el funcionamiento de la herramienta para programar.

- **Comunidad y colaboración:** Se calcula que son más de 20 millones los niños que comparten sus proyectos para que estén a disposición de otros usuarios, o para buscar colaboradores que les sumen nuevas ideas.
- **Un lenguaje de programación visual:** Scratch permite crear programas a través de una interfaz visual y fácil de manipular. Por eso, es muy utilizada para la programación para niños y adolescentes.

- **De facil acceso:** Basta con solo descargar el programa e instalarlo en nuestra computadora (el programa no exige prestaciones de software demasiado avanzadas). De esta manera, su acceso es simple para cualquier persona con una conexión a internet.
- **Multilingüe:** Todas las funcionalidades de Scratch se encuentran disponibles en su página web en más de 60 idiomas, incluyendo el español

Características de JavaScript: Es un lenguaje de programación ampliamente utilizado y versátil que se ha convertido en el pilar fundamental del desarrollo web moderno.

Con su capacidad para ejecutarse en el lado del cliente y del servidor, JavaScript permite la creación de experiencias interactivas y dinámicas en aplicaciones web. Su naturaleza interpretada y dinámica, junto con características como la gestión automática de memoria y el soporte para programación funcional, lo hacen adecuado para una variedad de tareas, desde el manejo de eventos en interfaces de usuario hasta el desarrollo de complejas aplicaciones de servidor.

- **Lenguaje Interpretado:** JavaScript es interpretado, lo que significa que el código se ejecuta línea por línea por un intérprete en tiempo de ejecución, generalmente dentro de un navegador web o en un entorno de servidor a través de Node.js.
- **Tipado Dinámico:** Significa que no es necesario declarar explícitamente el tipo de una variable antes de usarla. Los tipos de variables son determinados automáticamente en tiempo de ejecución.
- **Multiparadigma:** Admite múltiples paradigmas de programación, incluyendo programación orientada a objetos, programación imperativa y programación funcional.
- **Basado en Prototipos:** En lugar de usar clases para definir objetos como en otros lenguajes orientados a objetos, JavaScript utiliza prototipos. Los objetos pueden ser creados directamente desde otros objetos existentes, y las propiedades y métodos pueden ser agregados y modificados dinámicamente.
- **Extensibilidad:** Puede ser extendido mediante el uso de bibliotecas y frameworks, lo que permite a los desarrolladores aprovechar una amplia gama de funcionalidades predefinidas para construir aplicaciones más rápidas.

Elección del lenguaje de programación: Se propone el uso de Phyton para el desarrollo del proyecto, debido a la amplia adaptabilidad y compatibilidad del lenguaje , ya que es usado ampliamente aplicado en proyectos en los que se implementan sensores, así como también en el procesamiento de imágenes.

Algunas librerías usadas en el desarrollo de proyectos con sensores son:

- Adafruit CircuitPython:Es una colección de bibliotecas Python para trabajar con microcontroladores y sensores.
- PySerial:Librería para la comunicación serie con dispositivos.
- GPIO Zero:Librería para controlar los pines GPIO de las Raspberry Pi.
- smbus2:Una librería para manejar el bus I2C en Python.

Algunas librerías usadas en el desarrollo de proyectos con procesamiento de imágenes son:

- OpenCV: Es una librería de código abierto para la visión por computadora. Uso: Procesamiento de imágenes, detección de objetos, reconocimiento de patrones, etc.
- Pillow: Es una librería de imágenes de Python que añade capacidades de procesamiento de imágenes.
- scikit-image:proporciona algoritmos para el procesamiento de imágenes.
- imageio: Proporciona una interfaz para leer y escribir una amplia variedad de formatos de imagen.
- dlib: Es una librería de aprendizaje automático y visión por computadora.

4.9. Análisis sobre transmisión inalámbrica

Tabla 12: Comparación de protocolos de transmisión inalámbrica. (Parte 1)

Protocolo	Descripción	Características	Ventajas	Desventajas
LTE [81]	Estándar de comunicación móvil de alta velocidad utilizado en redes de telefonía móvil para la transmisión de datos.	Alta velocidad	Amplia cobertura, Proporciona conexiones de Internet de alta velocidad en dispositivos móviles.	Consumo de energía más alto
NFC [82]	Protocolo de comunicación inalámbrica de corto alcance que permite la transferencia de datos entre dispositivos muy cercanos (generalmente menos de 10 cm).	Corta distancia de transmisión	Facilidad de uso, Ampliamente utilizado en aplicaciones de pago móvil y acceso.	Alcance extremadamente corto
RFID [83]	Sistema de comunicación que utiliza etiquetas electrónicas para identificación y seguimiento automatizado de objetos.	Identificación automatizada, Utilizado en aplicaciones de logística, gestión de inventarios y control de acceso.	Amplia gama de aplicaciones	Alcance limitado

Tabla 13: Comparación de protocolos de transmisión inalámbrica. (Parte 2)

Protocolo	Descripción	Características	Ventajas	Desventajas
Wi-Fi [84]	Conjunto de estándares para redes inalámbricas locales (WLAN). Permite alta velocidad de transferencia de datos a través de ondas de radio en la banda de frecuencia de 2.4 GHz o 5 GHz.	Alta velocidad	Amplia disponibilidad	Consumo de energía relativamente alto
Bluetooth [85]	Estándar de comunicación inalámbrica de corto alcance que permite la transmisión de datos entre dispositivos cercanos.	Bajo consumo de energí, ideal para dispositivos de baja energía	Fácil configuración	Alcance limitado
Zigbee [86]	Protocolo de comunicación inalámbrica de bajo consumo de energía y corto alcance.	Bajo consumo de energía, ideal para aplicaciones de redes de sensores y domótica.	Alcance moderado	Velocidades de transferencia más bajas

Debido a que el proyecto es pensado para ser conectado a la nube para poder implementar servicios de hosting, se usara la tecnología Wi-Fi, ya que las únicas comunicaciones que requiere el sistema es la de la tarjeta de desarrollo con la base de datos en la nube y a su vez con la aplicación móvil .

4.10. Análisis sobre transmisión serial en la tarjeta de desarrollo

Al usar la tarjeta de desarrollo raspberry py 4 B, esta tarjeta de desarrollo es compatible con los siguientes protocolos seriales:

- UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)
- SPI (Serial Peripheral Interface)
- I2C (Inter-Integrated Circuit)
- 1-Wire

Tabla 14: Características de los protocolos seriales usados en raspberry pi 4.

Protocolo	Uso	Ejemplo de uso	Ventajas	Desventajas
UART [87]	Comunicación serie simple punto a punto	Comunicación entre la Raspberry Pi y módulos GPS, módulos Bluetooth, dispositivos de adquisición de datos como lectores de códigos de barras, lectores de tarjetas RFID, entre otros.	Fácil implementación, no requiere reloj externo	Velocidad de transferencia limitada, no adecuado para largas distancias o entornos ruidosos
I2C [88]	Comunicación síncrona maestro-esclavo	Comunicación entre la Raspberry Pi y sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores de luz, sensores de movimiento, pantallas OLED, ADCs, DACs, RTCs (Reloj en Tiempo Real), EEPROMs, entre otros. Es especialmente útil cuando se necesita conectar múltiples dispositivos con una cantidad limitada de pines GPIO.	Conexión de múltiples dispositivos, solo dos líneas de conexión	Menor velocidad en comparación con SPI, no ideal para largas distancias
SPI [89]	Comunicación síncrona de bus serie	Interfaz entre la Raspberry Pi y pantallas TFT LCD, sensores de presión, acelerómetros, DACs (Conversores Analógico-Digital), memorias Flash, tarjetas de expansión como módulos ADC (Convertidores Analógico-Digital), y otros dispositivos de alta velocidad que requieren transferencia de datos rápida y sincronizada.	Alta velocidad de transferencia, múltiples dispositivos en un bus	Requiere más líneas de conexión, no ideal para largas distancias
1-Wire [90]	Comunicación unidireccional de bajo costo	Medición de temperatura con sensores DS18B20, monitorización de energía eléctrica con medidores de energía DS2438, control de dispositivos de bajo costo como relés y switches, identificación de dispositivos únicos en redes de sensores distribuidos.	Requiere solo una línea de conexión, múltiples dispositivos en un bus	Velocidad de transferencia relativamente lenta, menos común
RS-232 [91]	Comunicación serial estándar	Comunicación con dispositivos antiguos como impresoras, módems, equipos de prueba industrial, sistemas de control de acceso, sistemas de alarma, sistemas de automatización industrial, dispositivos médicos, entre otros.	Compatible con una amplia gama de dispositivos, largas distancias	Configuración de cableado específica, velocidad limitada, susceptible a interferencias electromagnéticas

Debido a las aplicaciones de los protocolos y a los requerimientos de los sistemas, se propone el uso de los protocolos SPI y I2C o 1-Wire.

4.11. Análisis en la transmisión de imágenes

Para la transmisión de imágenes y su posterior procesamiento en un servidor, existen varios tipos de procesamiento de imagen y formatos de transmisión que se pueden considerar. Aquí hay una breve descripción de algunos de ellos:

Procesamiento de Imágenes:

- **Compresión de Imágenes:** Antes de la transmisión, las imágenes suelen comprimirse para reducir su tamaño y minimizar el tiempo de transmisión. Los algoritmos de compresión más comunes son JPEG, PNG y GIF.
- **Segmentación de Imágenes:** Este proceso divide una imagen en segmentos o regiones con características similares. Es útil para detectar objetos en una imagen o para aplicar efectos específicos.
- **Filtrado de Imágenes:** Consiste en aplicar filtros o máscaras a una imagen para realzar o eliminar ciertos detalles. Los filtros pueden ser paso bajo, paso alto, paso de banda, etc.
- **Procesamiento Morfológico:** Se utiliza para extraer componentes estructurales de una imagen basados en la forma, tamaño y relación entre los objetos.
- **Reconocimiento de Patrones:** Permite identificar objetos o características específicas en una imagen mediante técnicas de aprendizaje automático y visión por computadora.
- **Detección de Bordes:** Se utiliza para identificar los bordes de los objetos en una imagen. Esto es útil para tareas como la detección de objetos y el seguimiento de contornos.
- **Transformada de Hough:** Es una técnica utilizada para detectar formas es-

pecíficas, como líneas rectas o círculos, en una imagen. Puede ser útil en aplicaciones de visión por computadora para el reconocimiento de formas.

- **Histograma de Imágenes:** Permite analizar la distribución de intensidades de píxeles en una imagen. Es útil para ajustar el contraste, la exposición y la luminosidad de una imagen.
- **Segmentación Semántica:** Se refiere a la asignación de etiquetas semánticas a cada píxel en una imagen, lo que permite identificar diferentes clases de objetos. Es útil en aplicaciones de reconocimiento de objetos y segmentación de imágenes.
- **Transformada de Fourier:** Se utiliza para analizar las frecuencias presentes en una imagen. Es útil en aplicaciones de filtrado de imágenes y eliminación de ruido.
- **Detección de Características:** Se refiere a la identificación de puntos clave o características distintivas en una imagen, como esquinas o bordes. Es útil en aplicaciones de seguimiento de objetos y registro de imágenes.
- **Superresolución de Imágenes:** Consiste en mejorar la resolución de una imagen para obtener una versión de mayor calidad. Es útil en aplicaciones de restauración de imágenes y mejora de la calidad visual.

Formatos de imágenes comúnmente usados en para la transmisión:

- **JPEG (Joint Photographic Experts Group):** Es uno de los formatos más comunes para la transmisión de imágenes comprimidas. Ofrece una buena relación entre calidad y tamaño de archivo.
- **PNG (Portable Network Graphics):** Proporciona una compresión sin pérdida de calidad, ideal para imágenes con áreas de color sólido o transparencia.
- **GIF (Graphics Interchange Format):** Adecuado para imágenes con animaciones simples o secuencias cortas de imágenes.

4.12. Análisis sobre los gestores de bases de datos para almacenamiento en la nube

La elección de un gestor de bases de datos adecuado para el proyecto es indispensable, dentro de las características importantes, debido a la naturaleza se propone el uso de bases de datos SQL, ya que el proyecto no está enfocado al uso masivo de datos, ya que va enfocado a un tipo de usuario en específico, teniendo en cuenta esto, a continuación se presenta una tabla en la que se comparan los distintos gestores de base de datos SQL.

Tabla 15: Características de los distintos tipos servicios de nube.

Característica	Google SQL [92]	Cloud	Amazon RDS [93]	Azure SQL Database [94]	Amazon Aurora [95]	Oracle Cloud Database [96]
Motores SQL soportados	MySQL, PostgreSQL, Server	PostgreSQL	MySQL, PostgreSQL, MariaDB, Oracle, SQL Server	SQL Server	MySQL, PostgreSQL	Oracle Database
Administración	Completamente gestionado por Google		Completamente gestionado por AWS	Completamente gestionado por Microsoft	Completamente gestionado por AWS	Completamente gestionado por Oracle
Escalabilidad	Escalabilidad automática vertical y horizontal		Escalabilidad automática vertical y horizontal	Escalabilidad elástica, incluyendo Hyperscale	Escalabilidad automática con réplicas de lectura	Escalabilidad automática con características de RAC
Alta disponibilidad	Integrada con replicación automática		Multi-AZ deployment para alta disponibilidad	Geo-replicación, Always On en versiones premium	Replicación multi-AZ y global	Integrada con Data Guard y RAC
Rendimiento	Optimización específica para cada motor		Rápido y optimizado para la nube	Rendimiento ajustable y dinámico	Mayor rendimiento y fiabilidad (hasta 5 veces más rápido que MySQL estándar)	Alto rendimiento ajustable automáticamente
Seguridad	Cifrado en reposo y en tránsito, gestión de claves		Cifrado en reposo y en tránsito, IAM y KMS	Cifrado en reposo y en tránsito, integración con Azure AD	Cifrado en reposo y en tránsito, IAM y KMS	Cifrado en reposo y en tránsito, Advanced Security

Backup y recuperación	Backups automáticos, snapshots y recuperación point-in-time	Backups automáticos, snapshots y PITR	Backups automáticos, recuperación a un punto en el tiempo	Backups automáticos y PITR	Backups automáticos, snapshots y PITR
Integración con otros servicios	Integración nativa con servicios de Google Cloud	Integración con servicios de AWS	Integración con servicios de Microsoft Azure	Integración con servicios de AWS	Integración con servicios de Oracle Cloud
Modelo de precios	Pago por uso, precios basados en instancias y almacenamiento	Pago por uso, precios basados en instancias y almacenamiento	Pago por uso, precios basados en instancias y almacenamiento	Pago por uso, precios basados en instancias y almacenamiento	Pago por uso, precios basados en instancias y almacenamiento
Herramientas de desarrollo	Cloud Console, API REST, bibliotecas cliente	AWS Management Console, API REST, SDKs	Azure Portal, API REST, Azure SDKs	AWS Management Console, API REST, SDKs	Oracle Cloud Console, API REST, SDKs
Uso en aplicaciones móviles		API RESTful, AWS AppSync, Lambda	API RESTful, Azure Mobile Apps, Azure Functions	API RESTful, AWS AppSync, Lambda	API RESTful, Oracle Mobile Cloud Service

Se propone el uso de algún gestor de Amazon debido a la compatibilidad con motores de bases de datos SQL.

Se propone que la implantación de la base de datos siga el modelo relacional, ya que se considera que la aplicación del proyecto requiere de un sistema de datos organizados y estructurados, además de considerar que la aplicación de esta, el sector al que va dirigido es un sector muy pequeño ya que en 2016 se estimaba que entre 1.5 y 2 millones de personas contaban con un acuario marino [57], dicho esto, el proyecto va dirigido al cuidado y cría de peces payaso, por lo que la cantidad de personas que puedan dar uso al proyecto a desarrollar puede verse reducida significativamente. Se propone el uso de Postgresql ya que es un gestor Open Source, lo que permite el uso gratuito de este, además de tener una amplia gama de personalizaron en los datos que se pueden almacenar en la base de datos, y la amplia documentación, lo cual es un punto importante a considerar si es que en Proyecto Terminal 2 se decide enviar los medidos por la Raspberry en crudo a dicha base.

4.13. Análisis de los entornos de programación de dispositivos móviles

Se propone la implementación de una arquitectura monolítica para el desarrollo de una aplicación móvil nativa para sistemas operativos Android, se propone la implementación de esta arquitectura, ya que no requiere de una escalabilidad y flexibilidad considerando las funciones que se requieren para el proyecto, ya que su principal función será mostrar los datos almacenados, dicha arquitectura se ve representada en la figura 27:

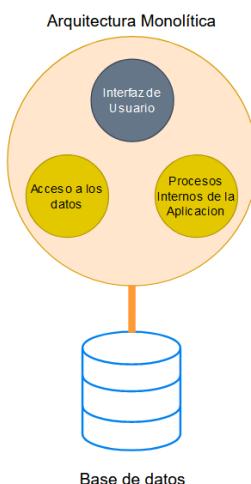


Figura 27: Diagrama de la Arquitectura Propuesta.

Tabla 16: Comparación de entornos de programación para dispositivos móviles

Características	Android Studio [97]	Visual Studio con Xamarin [98]	Flutter (Dart) [99]	React Native [100]
Plataforma principal	Android	Android, iOS	Android, iOS, Web, Desktop	Android, iOS
Lenguaje principal	Kotlin, Java	C#	Dart	JavaScript, TypeScript
Sistema operativo requerido	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS, Linux
Editor de código	Integrado (basado en IntelliJ IDEA)	Integrado (Visual Studio IDE)	Integrado (basado en Visual Studio Code)	Visual Studio Code, otros editores
Depuración	Herramientas avanzadas de depuración	Herramientas avanzadas de depuración	Herramientas avanzadas de depuración	Herramientas avanzadas de depuración
Diseño de UI	Editor visual XML, Jetpack Compose	Xamarin.Forms, Editor visual	Flutter widgets	JSX, Styled Components
Rendimiento nativo	Alto	Medio-Alto	Alto	Medio-Alto
Facilidad de uso	Alta	Media-Alta	Media	Media
Documentación y comunidad	Extensa y activa	Extensa y activa	Extensa y activa	Extensa y activa
Soporte multiplataforma	No (solo Android)	Sí (Xamarin para Android e iOS)	Sí	Sí
Licencia	Gratis	Gratis para uso individual y pequeño equipo	Gratis y código abierto	Gratis y código abierto

Tomando en cuenta lo anterior se propone el desarrollo de una aplicación nativa con el IDE de Android Studio, en Java.

Debido a la funcionalidad del sistema se considera que una aplicación nativa es la opción a desarrollar, ya que al limitar el sistema donde podrá ser ejecutado, se tomarán menos aspectos de compatibilidad entre dispositivos y versiones, además de que el uso principal de la aplicación está orientado a que el usuario pueda ver los registros en cualquier lugar en el que se encuentre, siempre y cuando esté conectado a Internet.

Se eligió Java como lenguaje de programación debido a que se considera un Lenguaje maduro, y cuenta con un amplio repertorio de librerías, documentación y herramientas que pueden ayudar al desarrollo de la aplicación. Por otro lado se considera el uso de Android Studio debido a que en este IDE se puede simular distintos modelos de dispositivos, permitiendo ver como se comporta la aplicación en distintos escenarios, además de ser IDE oficial, lo cual otorga una mayor confiabilidad al momento de desarrollar una aplicación.

4.14. Análisis Sobre la identificación de colores en las imágenes digitales

La segmentación de imágenes es un proceso fundamental en el análisis de imágenes, que consiste en dividir una imagen en múltiples segmentos o regiones. El objetivo principal de este procedimiento es transformar la representación de una imagen en una forma más significativa y fácil de analizar [75].

Esta técnica se utiliza comúnmente para identificar y delimitar objetos específicos dentro de una imagen, facilitando así la extracción de información relevante y la definición de límites precisos entre diferentes elementos visuales. Los algoritmos más utilizados para la segmentación de imágenes son:

Segmentación de colores utilizando la agrupación K-medias (K-Means)

K-Means es un algoritmo de agrupamiento ampliamente utilizado en el campo de la segmentación de imágenes. Los algoritmos de agrupamiento son métodos no supervisados, lo que significa que no requieren datos etiquetados para su funcionamiento. Estos algoritmos se emplean para identificar diferentes clases o grupos en los datos basándose en la similitud de los mismos. En el caso de K-Means, los puntos de datos dentro del mismo grupo presentan una mayor similitud entre sí en comparación con los puntos de datos pertenecientes a otros grupos. [76]

En este contexto, **k** representa el número de grupos deseados. A continuación, se describe el funcionamiento del algoritmo de K-medias:

1. Determinar el número de grupos (**k**) que se desea identificar en los datos.
2. Asignar aleatoriamente los puntos de datos a cualquiera de los **k** grupos.
3. Calcular el centro (media) de los puntos de datos en cada grupo.
4. Calcular la distancia de cada punto de datos a los centros de todos los grupos.
5. Reasignar cada punto de datos al grupo cuyo centro esté más cercano.
6. Calcular nuevamente los centros de los grupos con las nuevas asignaciones de puntos de datos.
7. Repetir los pasos 4, 5 y 6 hasta que los puntos de datos no cambien de grupo, o hasta que se alcance el número asignado de iteraciones

Este proceso iterativo garantiza que los puntos de datos dentro de un mismo grupo sean más similares entre sí que aquellos en grupos diferentes, logrando así una segmentación efectiva y precisa de la imagen.

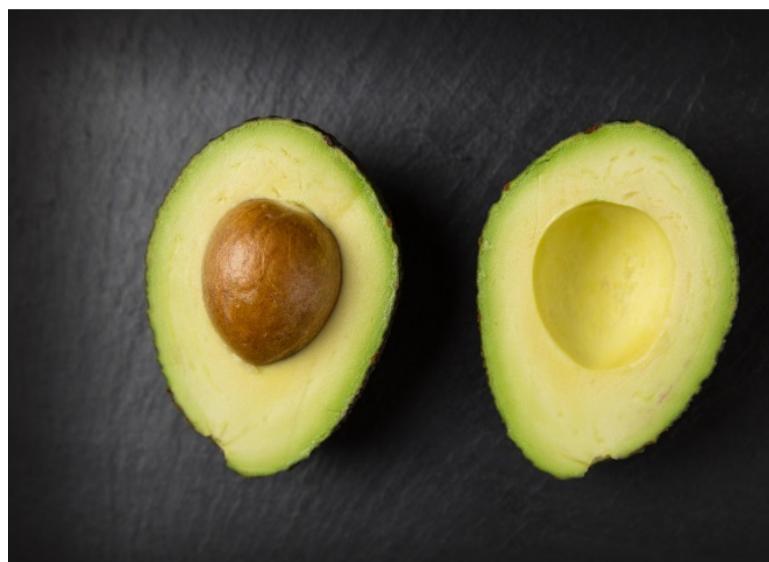


Figura 28: Figura original sin segmentación aplicada.



Figura 29: Figura segmentada en 3 clústeres, $k = 3$.



Figura 30: Figura segmentada en 6 clústeres, $k = 6$.

Como es de esperar, el nivel de detalle aumenta en proporción al número de clústeres. Lo importante es que con esta información, se pueden realizar diversas tareas, siendo una de las más relevantes la clasificación del contenido de una foto según su distribución de colores.

Segmentación de colores utilizando el método de regiones crecientes

El método de regiones crecientes es una técnica utilizada para la segmentación de imágenes basada en la similitud de color entre píxeles vecinos. A diferencia de K-Means, que es un algoritmo de agrupamiento, las regiones crecientes se basan en un enfoque más localizado para agrupar píxeles contiguos que cumplen ciertos criterios de similitud.

En este contexto, la segmentación por regiones crecientes opera de la siguiente manera:

1. Seleccionar semillas iniciales (o regiones) dentro de la imagen, que pueden ser píxeles individuales o conjuntos pequeños de píxeles.
2. Evaluar la similitud de color entre los píxeles vecinos y las regiones adyacentes.
3. Crecer las regiones al añadir píxeles vecinos que cumplen con el criterio de similitud de color establecido.
4. Repetir el proceso hasta que todas las regiones estén completamente formadas y no haya más píxeles vecinos que cumplan los criterios de similitud para agregar a las regiones existentes.

Este método permite una segmentación detallada y precisa, adecuada para imágenes donde los objetos de interés están definidos por bordes o regiones bien definidas en términos de color y textura. La eficacia de la segmentación por regiones crecientes depende en gran medida de la selección inicial de semillas y de los criterios de similitud establecidos para agrupar píxeles vecinos en una misma región [77].

Segmentación por umbrales en imágenes

La segmentación por umbrales es un método fundamental en el procesamiento de imágenes que permite separar objetos de interés basándose en diferencias de intensidad de píxeles. Este enfoque es ampliamente utilizado debido a su simplicidad y eficiencia en la separación de regiones con características de intensidad distintas.

El proceso de segmentación por umbrales opera de la siguiente manera:

1. Seleccionar un umbral inicial que divida los píxeles en dos clases: uno que pertenece al objeto de interés y otro que no.
2. Comparar la intensidad de cada píxel con el umbral seleccionado.
3. Asignar cada píxel a una clase según si su intensidad es mayor o menor que el umbral.
4. Refinar el umbral si es necesario para mejorar la separación entre las clases de píxeles.

Este método es adecuado para imágenes donde los objetos de interés están bien diferenciados en términos de intensidad de color o escala de grises. La efectividad de la segmentación por umbrales depende en gran medida de la selección adecuada del umbral inicial y de la naturaleza de las diferencias de intensidad en la imagen. [79]

Elección del algoritmo de segmentación: Para la selección del algoritmo de segmentación más adecuado, se evaluaron teóricamente los métodos mencionados con anterioridad, reduciéndose la elección final a K-Medias y Segmentación por regiones crecientes.

Sin embargo, para una definición precisa, se considera crucial realizar pruebas prácticas, las cuales serán desarrolladas en PT II. Estas pruebas permitirán comparar resultados y determinar cuál de los algoritmos, ya sea K-Medias o segmentación por regiones crecientes, ofrece los resultados más óptimos. Estas pruebas deben tomar en cuenta variables como la cantidad de luz que será suministrada a los cultivos, el material del recipiente utilizado y otros factores externos relevantes. Este enfoque garantizará una elección fundamentada para las necesidades específicas del sistema.

Capítulo 5. Diseño de la solución

5.1. Arquitectura general

En la figura 31 se muestra la arquitectura general de la solución propuesta, donde el módulo nidos y el módulo cultivos serán administrados por la tarjeta de desarrollo seleccionada, en esta los datos medidos con los sensores, serán enviados a una base de datos en la nube mediante una conexión Wi-Fi, para posteriormente dichas mediciones ser almacenadas en una base de datos en la nube, el usuario tendrá acceso a los registros de la base de datos mediante una aplicación móvil, en las secciones posteriores del documento se profundizará en las partes constituyentes del sistema.

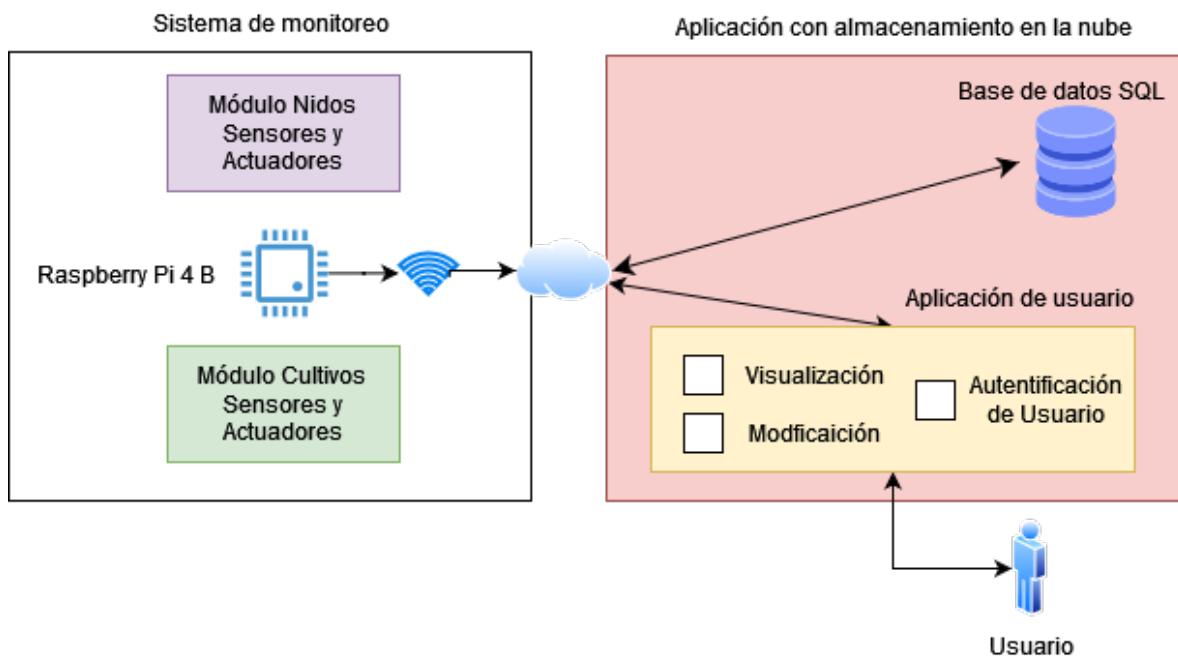


Figura 31: Arquitectura general del sistema.

5.2. Diseño de maqueta

El sistema está pensado para ser implementado en una granja dedicada a la cría de pez payaso, en las cuales se suele utilizar acuarios de alrededor de 500 litros, sin embargo, se propone una maqueta de menor tamaño por la facilidad del transporte de la maqueta al realizar las pruebas, por lo que la cantidad de agua será menor, lo cual facilita las pruebas del sistema, ya que los cambios de los parámetros, requerirán de un menor tiempo.

La maqueta propuesta consta de:

- La pecera donde se instalará el módulo Nidos, que sería el equivalente al espacio donde estarán los alevines, en la figura 32 se observan las medidas de la maqueta, la cual consta de 2 depósitos laterales de 15cm de largo x 20cm de alto x 20cm de ancho, estos serán utilizados para almacenar **Prime** y agua de ósmosis respectivamente, por lo cual estos depósitos contarán con una bomba sumergible para poder distribuir la solución que el sistema requiera; además de contar con un espacio central de 20 cm de largo x 20cm de alto x 20cm de ancho, que es donde se encontrarán los sensores, el indicador de amoníaco, el calentador y el switch flotador.
- Envases donde se cultivará el alimento para los alevines (fitoplancton y rotíferos). En los cuales estará instalado el módulo Cultivos.

ESQUEMA DE LA PECERA USADA EN EL SISTEMA

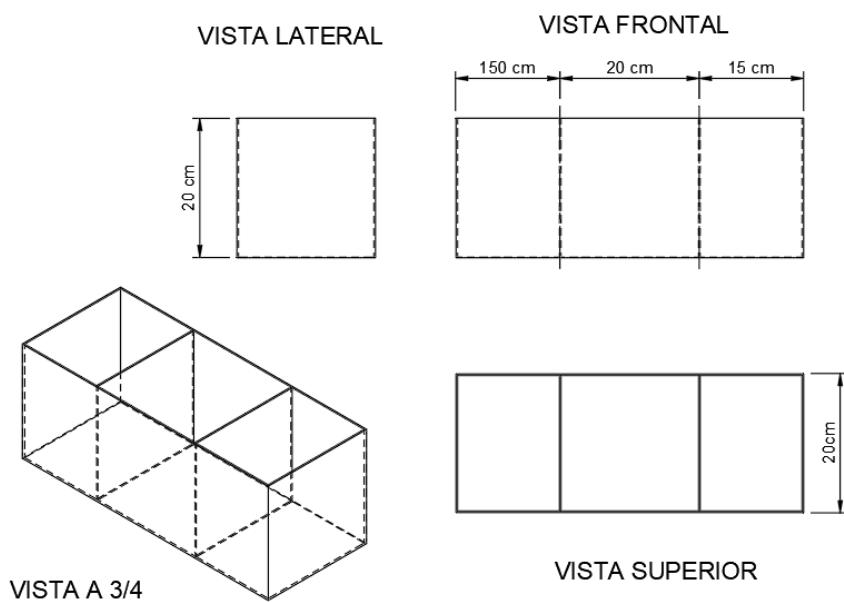
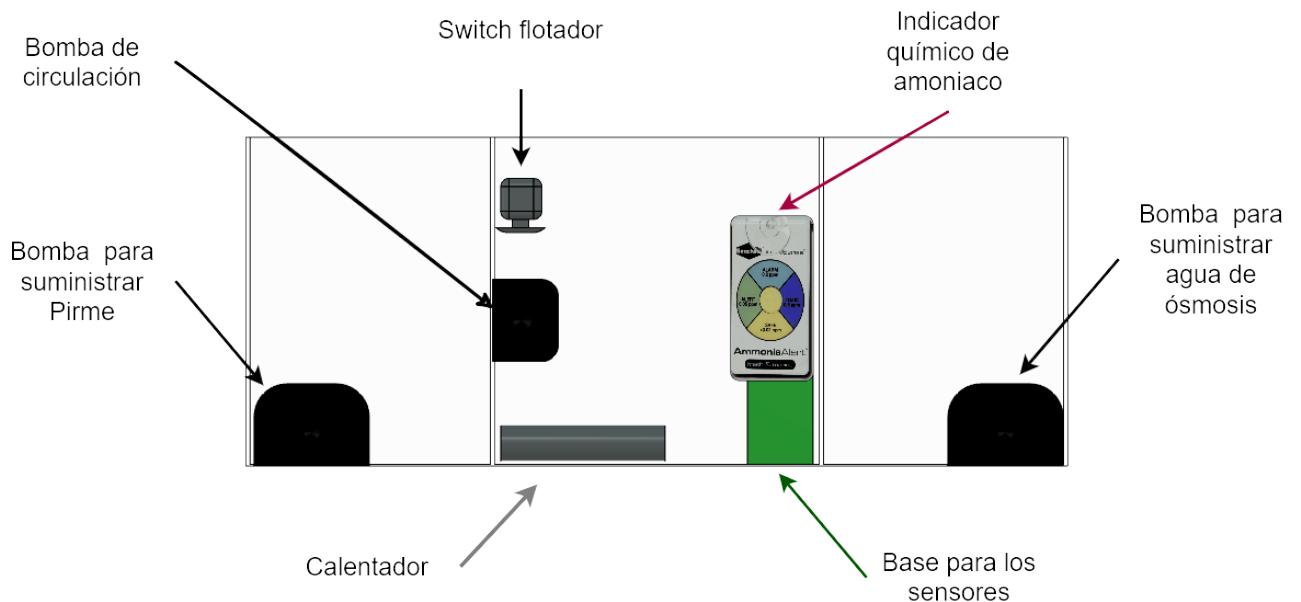


Figura 32: Propuesta de diseño del acuario para instalar el módulo Nidos.

VISTA FRONTAL DE LA DISTRIBUCIÓN EN LA PECERA



VISTA 3/4 DE LA DISTRIBUCIÓN EN LA PECERA

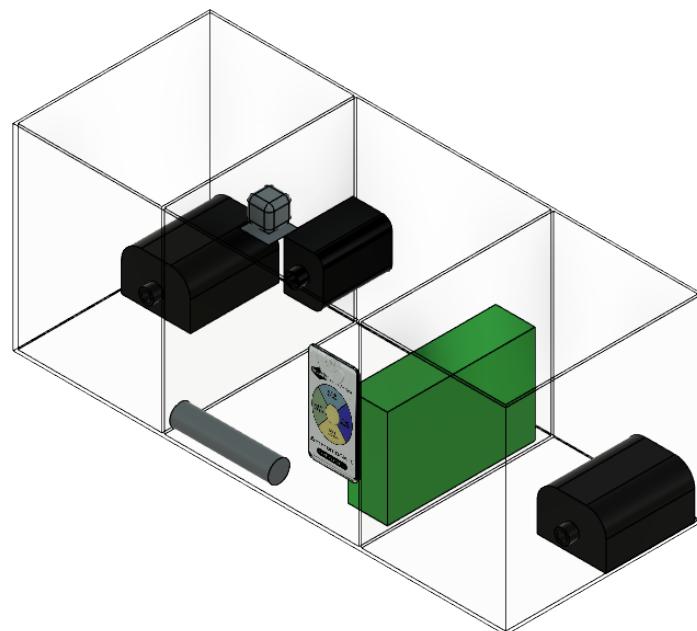


Figura 33: Distribución general de los componentes presentes en la pecera.

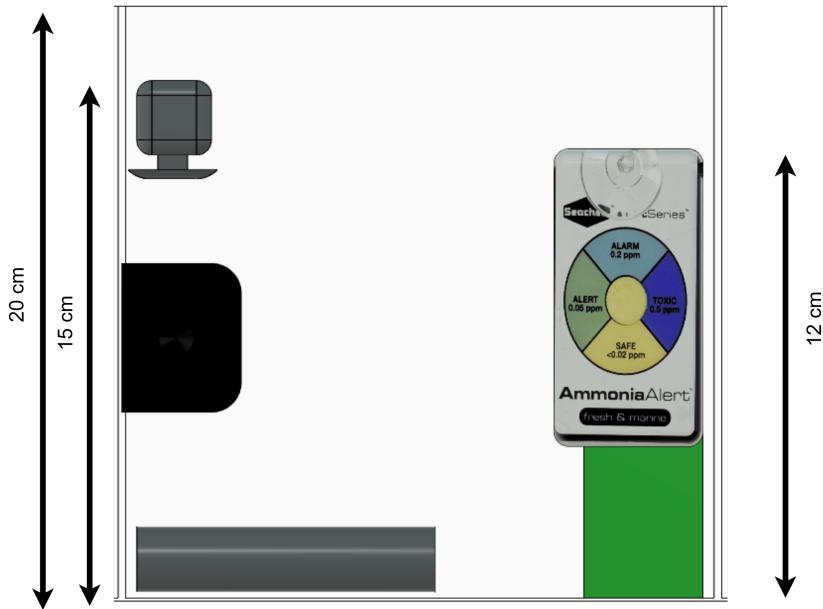


Figura 34: Distribución de la sección central de la pecera.

Como se puede observar en la figura 33, se implementará una pequeña bomba de circulación en la pecera. Esta bomba será crucial para replicar las condiciones de flujo de agua que se esperarían en un acuario de mayor tamaño.

La bomba garantizará una adecuada mezcla y poder recircular el agua, lo cual es crucial para mantener los parámetros homogéneos en todas las secciones de la maqueta.

Debido a la eficiencia de la bomba en mezclar el agua y el tamaño del acuario, solo se requiere un único módulo Acuario en la maqueta. Este módulo central permitirá observar y analizar la interacción de los alevines con el entorno controlado, asegurando que las condiciones sean representativas de un sistema de acuario completo y funcionando correctamente.

De igual modo en la figura 34, se puede apreciar que el calentador está en la parte más profunda de la misma, esto se debe a que el agua con mayor temperatura permanece en la parte alta de la pecera ya que es menos densa que el agua fría. Los sensores estarán colocados en la esquina contraria al calentador para así evitar que éste interfiera con el sensor de temperatura y ocurran lecturas inexactas. El flotador estará colocado 5cm por debajo de la altura máxima de la pecera para que al suministrar alimento a los alevines, no se derrame del acuario. Como existirá una evaporación constante solo se deberá llenar con agua de ósmosis cuando sea requerido.

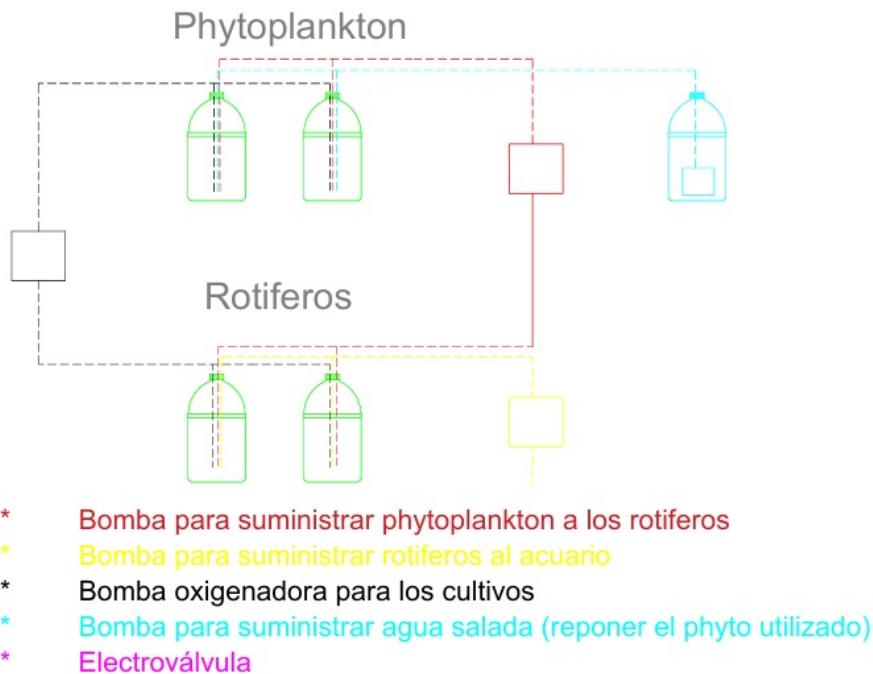


Figura 35: Vista 2D de la maqueta propuesta para el módulo Cultivos.

Para poder implementar el módulo Cultivos, se propone implementar 2 recipientes por cultivo, los cuales serán fotografiados para posteriormente ser procesados y así obtener el cultivo que este más maduro, para su recolección.

5.3. Diseño de sistema eléctrico

Para el diseño propuesto, se consideran los componentes analizados y seleccionados en apartados anteriores de este documento. Se propone el diagrama de la figura 37, el cual muestra únicamente las conexiones totales del sistema en los pines de la tarjeta de desarrollo.

Para un mejor entendimiento, en la figura 39 se observan solo los componentes y conexiones correspondientes al módulo Nidos, mientras que la figura 38 presenta lo mismo para el módulo Cultivos.

Por otro lado, la conexión de las cámaras a la tarjeta de desarrollo se ilustra en la figura 36. En esta figura se aprecia el uso de un módulo multicámara. La conexión entre los puertos de la tarjeta de desarrollo y el módulo multicámara se realiza mediante flexores. Sin embargo, en la imagen no se muestran estos flexores para poder apreciar e identificar mejor la ubicación de los puertos de conexión.

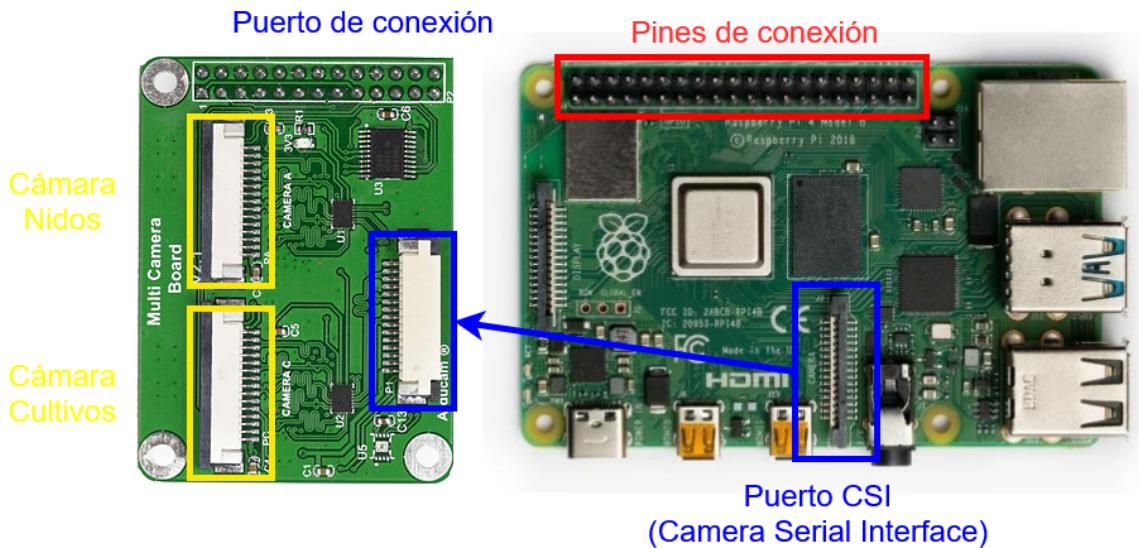


Figura 36: Identificación de puerto CSI y conexión de cámaras.

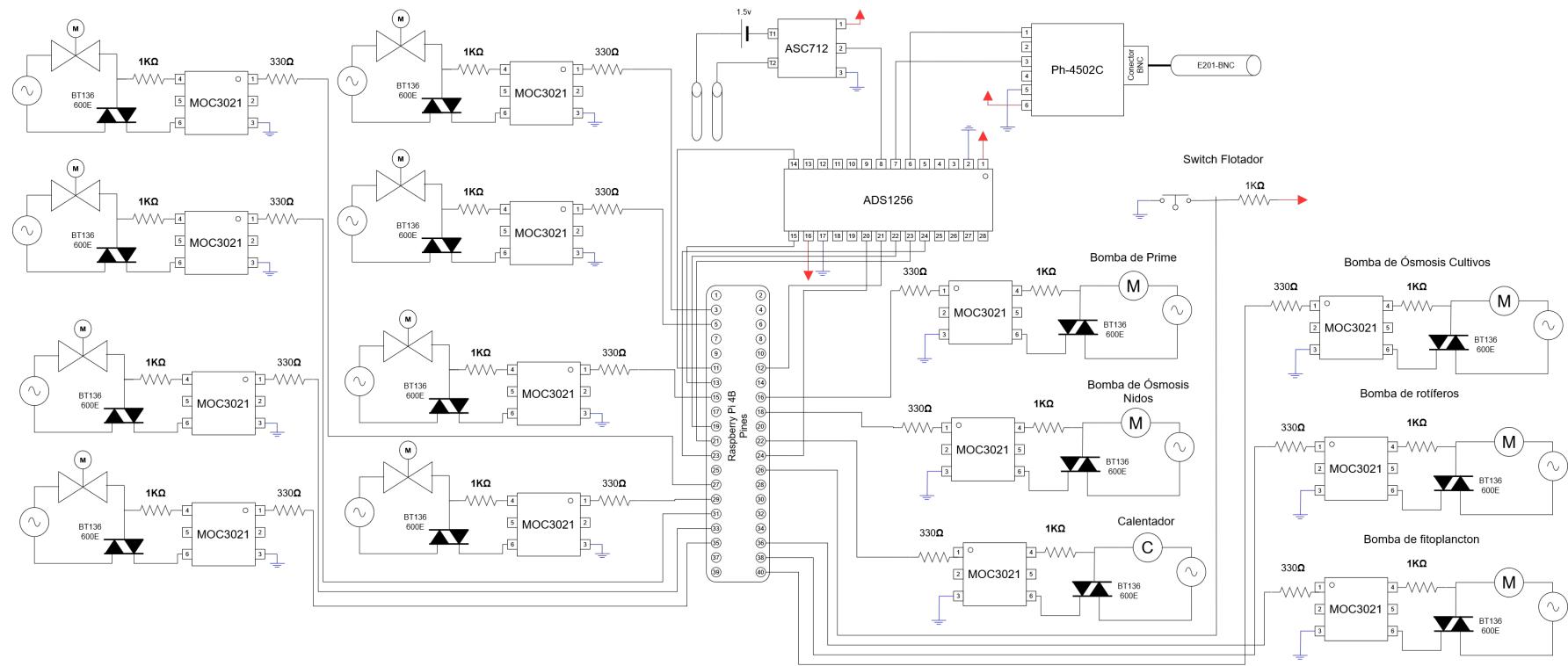


Figura 37: Diagrama esquemático del sistema.

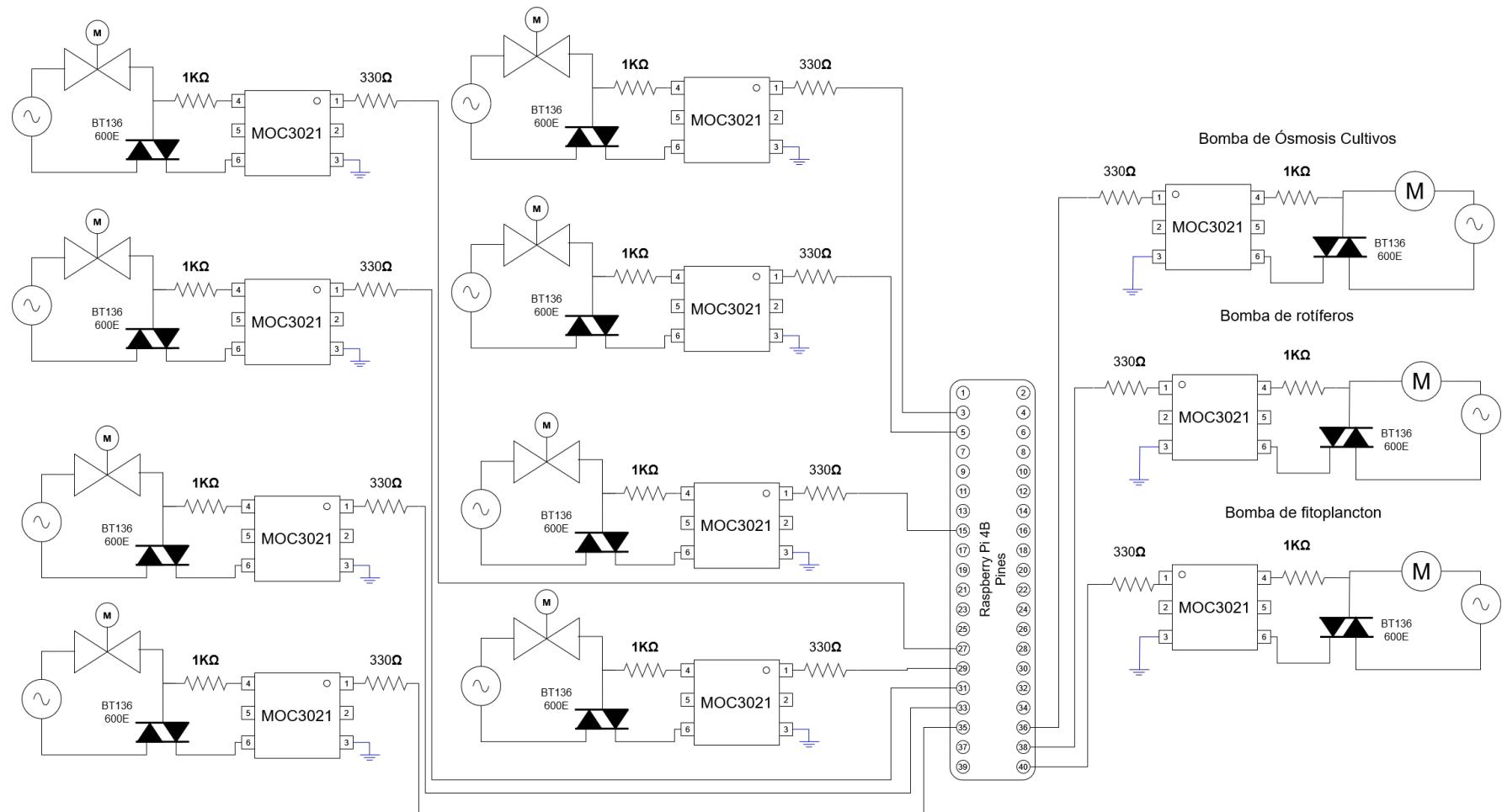


Figura 38: Composición de Módulo Cultivos.

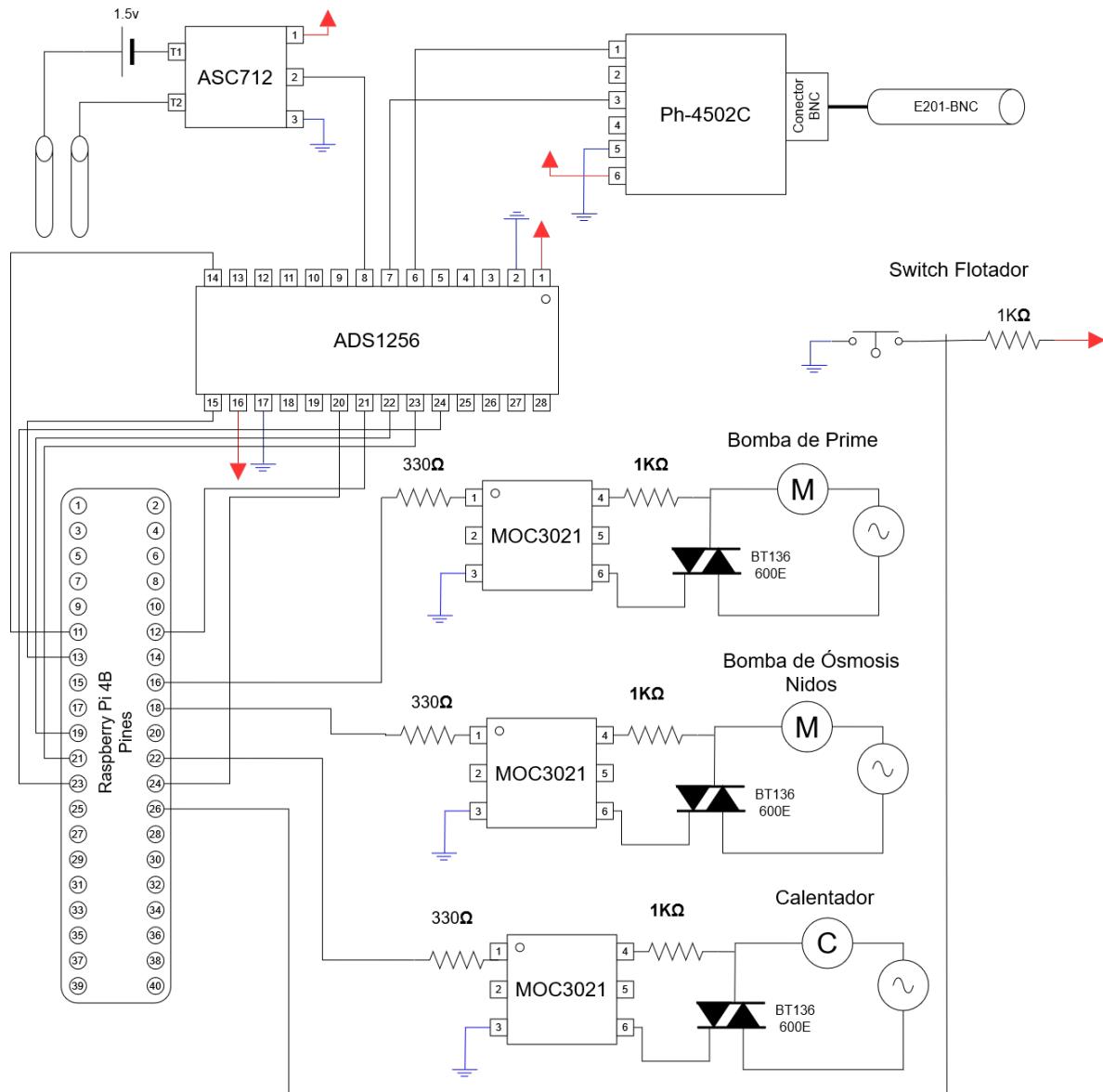


Figura 39: Composición de Módulo Nidos.

5.4. Diseño De aplicación móvil

Para el diseño de la aplicación móvil se consideran las siguientes pantallas:

- Inicio de Sesión
- Crear Cuenta
- Pantalla Principal
- Pantalla Nidos
- Pantalla de Parámetros

Para esto, se desarrollaron los siguientes mockups:

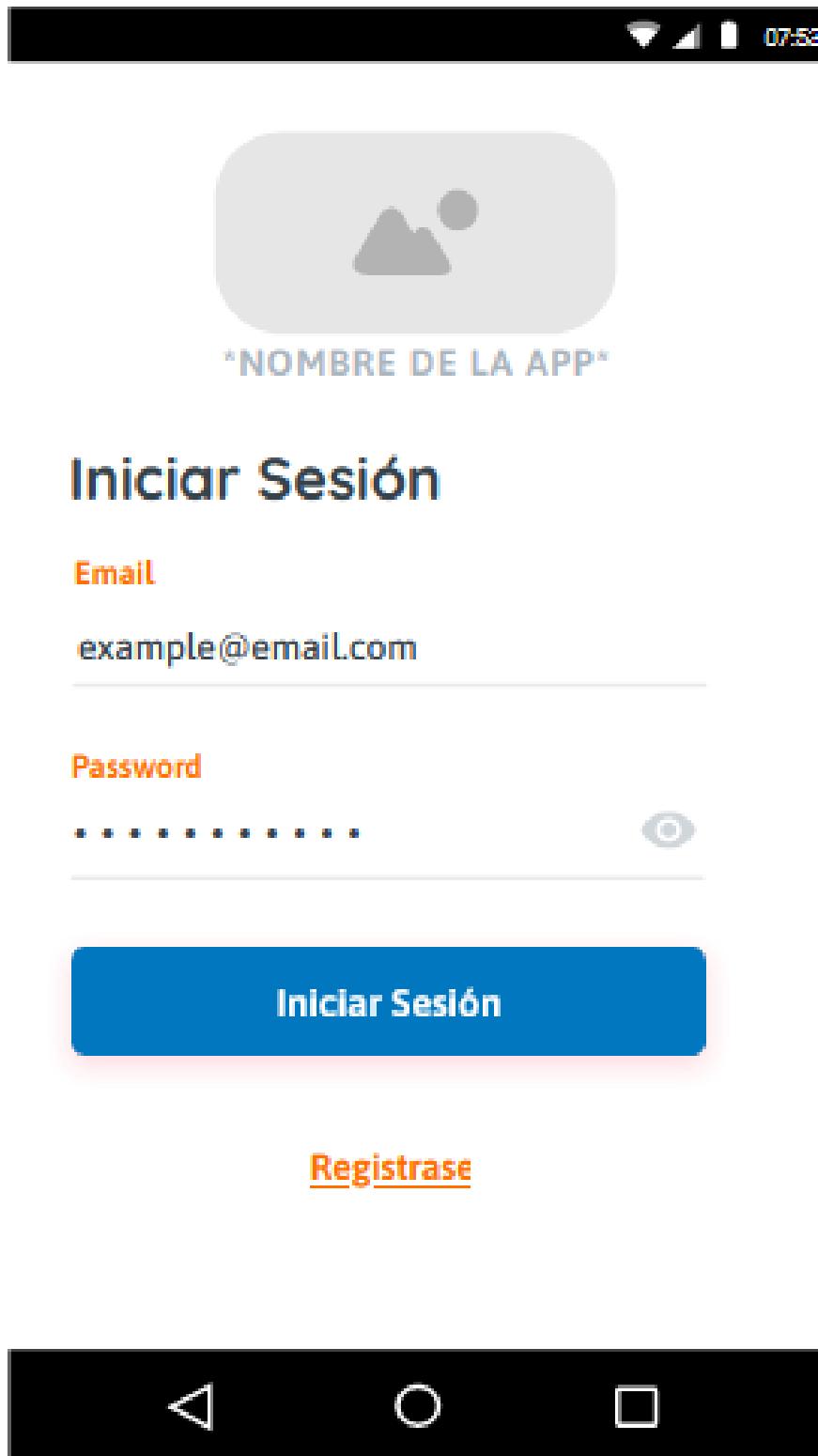


Figura 40: Inicio de Sesión.



Register

Email

Tu email

Contraseña

Crea tu contraseña

Confirma tu contraseña

Confirma tu contraseña

Telefono

Ingresá tu Número celular

Registrarme

[Ya tengo una cuenta](#)



Figura 41: Registro de Usuario.

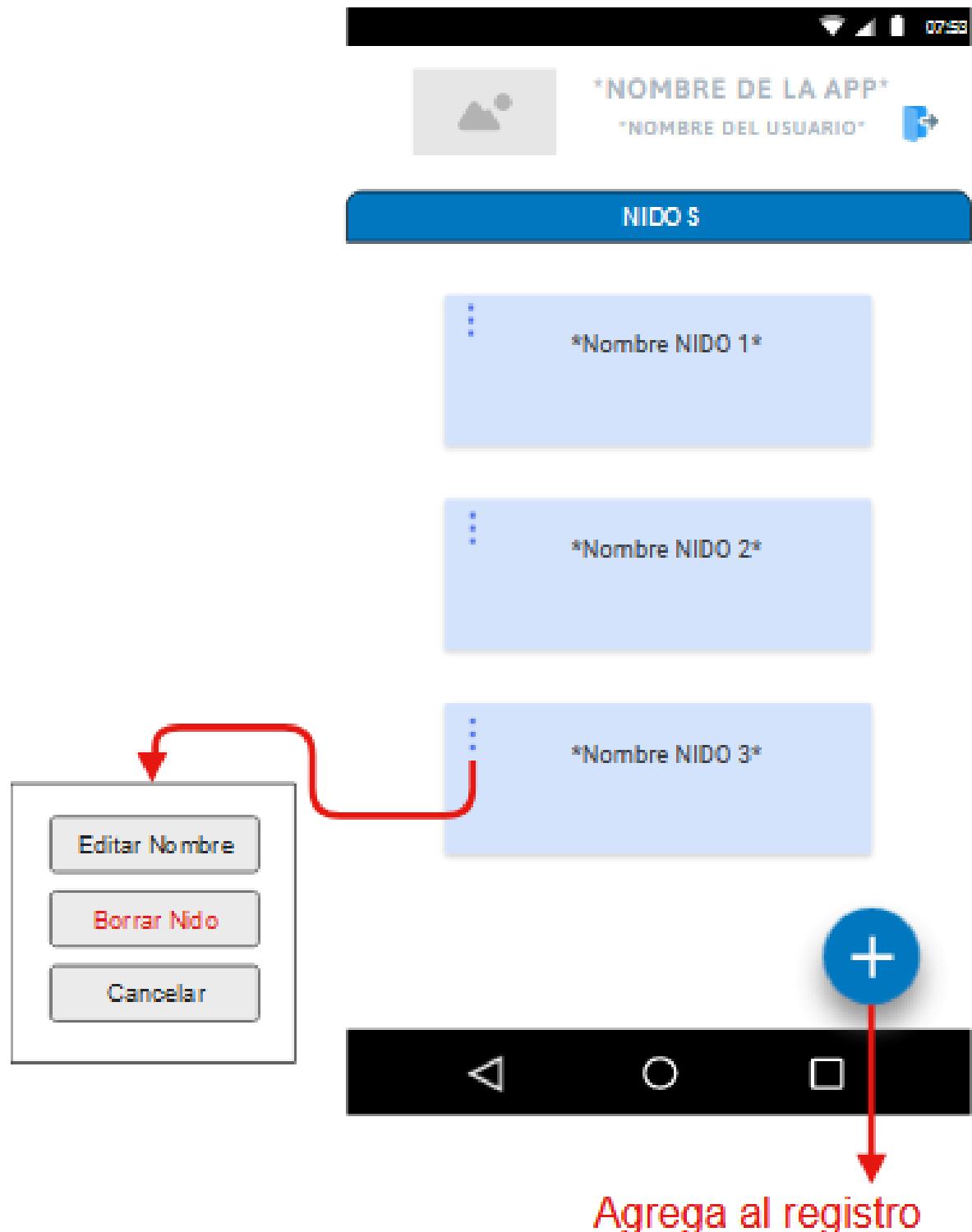


Figura 42: Pantalla principal.

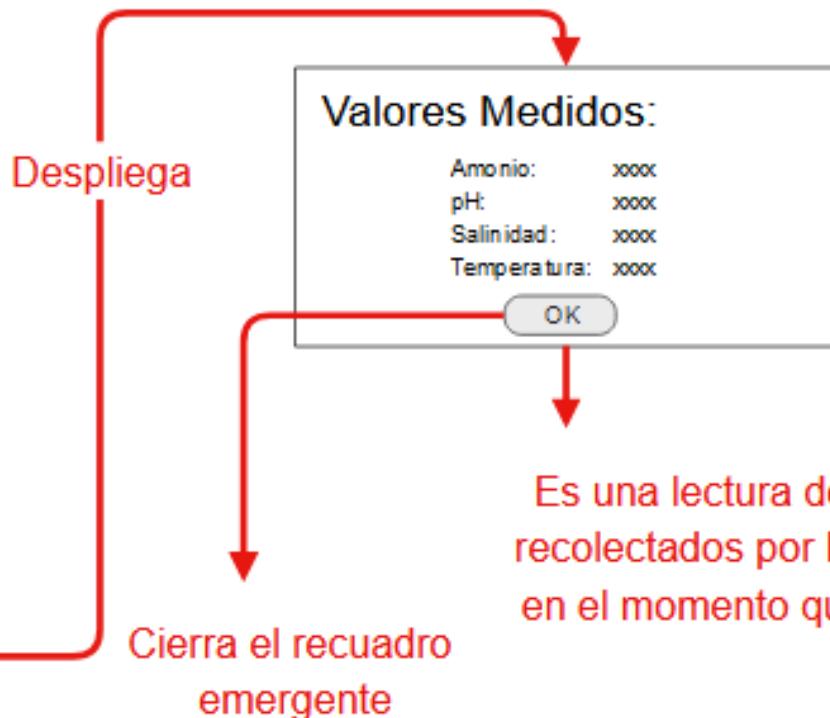
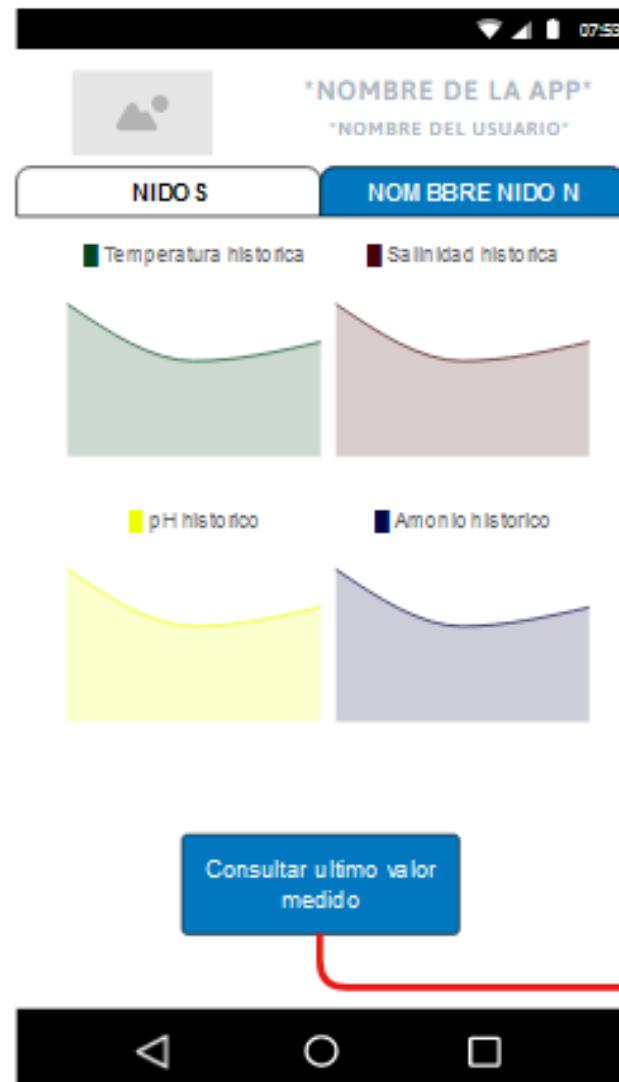


Figura 43: Pantalla nidos.

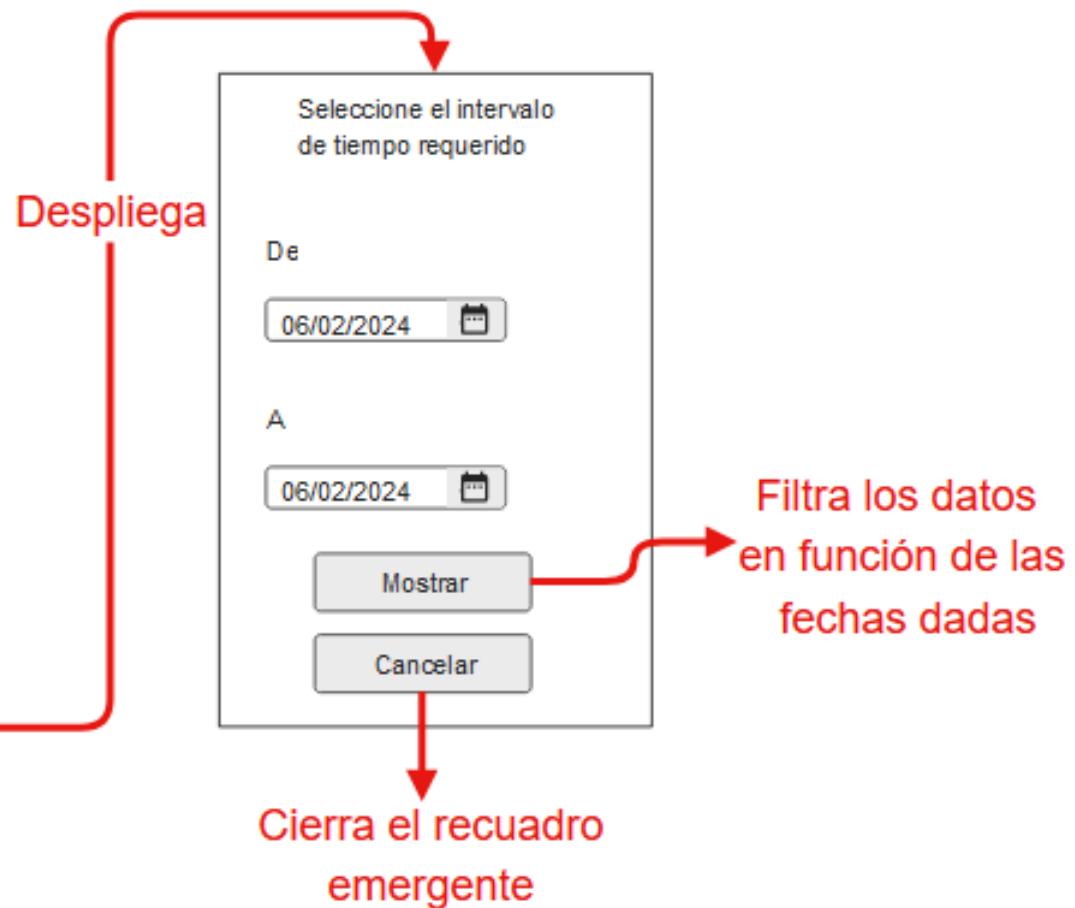


Figura 44: Pantalla Parámetro.

5.5. Diseño de base de datos

Para el diseño de la base da datos se consideran los siguientes aspectos:

- El sistema podrá registrar a más de un usuario.
- El usuario puede tener más de un sistema registrado, es decir, puede tener distintos módulos de nidos y distintos de cultivos.
- Los registros de los parámetros censados serán de manera periódica y deberán de poder ser consultados en cualquier momento futuro que el usuario lo dese.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, se propone un diseño basado en el diagrama entidad relación mostrado a continuación en la figura 45.

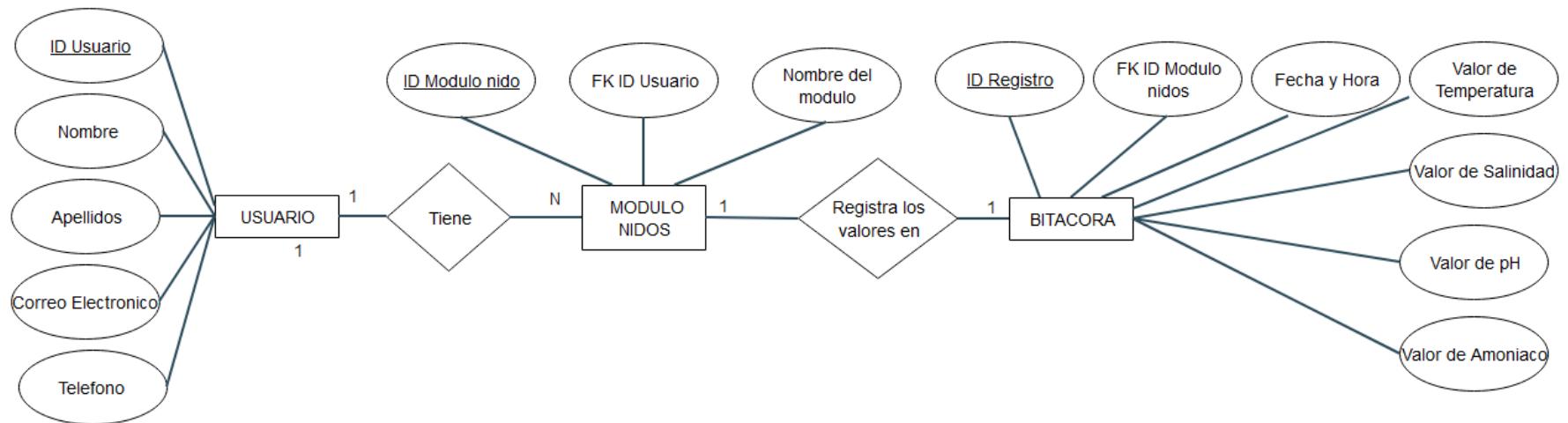


Figura 45: Modelo Entidad Relación.

Tomando en cuenta el diagrama entidad relación mostrado anteriormente, para el diseño de la base de datos se propone implementar el siguiente el siguiente diagrama relacional mostrado en la figura 46.

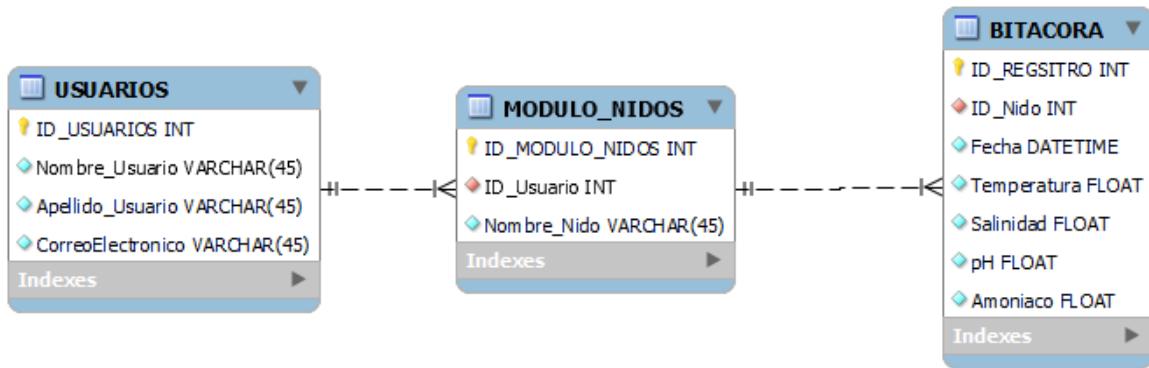


Figura 46: Diagrama Relacional.

A continuación se proporcionan más detalles sobre las tablas de las entidades, especificando el tipo de dato que llevará.

Tabla 17: Entidad USUARIOS

Campo	Tipo	Descripción
PK ID usuario	INT	Se propone el uso de un ID numérico de 5 cifras para identificar a cada usuario.
Nombres del Usuario	VARCHAR(45)	Nombre(s) del usuario.
Apellidos del Usuario	VARCHAR(45)	Apellido(s) del usuario.
Correo	VARCHAR(45)	Correo Electrónico del usuario.

Tabla 18: Entidad "MODULO NIDOS".

Campo	Tipo	Descripción
PK_módulo Nidos	INT	Se propone un entero de 12 dígitos, donde los primeros 5 correspondan al ID de usuario, y posteriormente los siguientes al ID del nido
FK_ID Usuario	INT	ID del usuario como llave foránea para tener una relación entre el usuario y el módulo de nidos.
Nombre del Ni-do	VARCHAR(45)	El nombre con el que el usuario identifique a su módulo

Tabla 19: Entidad "BITACORA".

Campo	Tipo	Descripción
PK_ID Registro	CHAR(20)	Se propone una cadena de 12 caracteres, donde los primeros 5 correspondan al ID de usuario, y posteriormente los siguientes al ID del nido, para que los últimos 8 correspondan a un identificador único de registro que se componga de caracteres alfanuméricos para recrear una numeración hexadecimal
FK_ID módulo Nido	INT	ID del usuario como llave foránea para tener una relación entre el usuario y el módulo de nidos.
Fecha y hora	DATETIME	Fecha y hora de el registro
Valor de temperatura	FLOAT	Valor medio en el módulo nidos
Valor de Salinidad	FLOAT	Valor medio en el módulo nidos
Valor de pH	FLOAT	Valor medio en el módulo nidos
Valor de amoníaco	FLOAT	Valor medio en el módulo nidos

Capítulo 6. Escenario de pruebas

6.1. Prueba de amoníaco

Existen productos de amoníaco líquido en el mercado, se utilizará un producto de estos para suministrar al sistema con la finalidad de que suba el valor en el acuario y el módulo Acuario active la bomba que agregara *Prime* para reducir el valor de amoníaco, se podrá visualizar el valor en tiempo real con un indicador químico el cual se describe en la propuesta solución, del cual se obtendrá la medición de amoníaco y verificar si que el sistema cumple con el control de este parámetro de medición.

6.2. Prueba de salinidad

Se cotejará el valor medido por el sensor o sonda que se implemente con un equipo especializado (HI98349 Hanna Instruments) en la medición de salinidad además de que si la salinidad es alta el sistema la regulara desechando parte del agua existente si se requiere y añadiendo agua de ósmosis hasta que este parámetro se encuentre dentro del rango óptimo.

6.3. Prueba de pH

Se cotejará el valor medido por el sensor o sonda que se implemente con un equipo especializado (pH600 Milwaukee Tools).

6.4. Prueba de temperatura

Para verificar que el calentador se active o desactive dependiendo el rango de temperatura predeterminado, se agregarán hielos para bajar la temperatura del agua y se active el calentador y esperar a que cuando llegue al valor óptimo se apague. Los valores serán medidos con el HI98349 Hanna Instruments para corroborar los datos del sistema.

6.5. Prueba de nivel de agua

Se disminuirá intencionalmente el nivel del agua dentro del sistema para demostrar que en condiciones donde el agua se evapora, el sistema se rellena de manera automática.

6.6. Prueba de cultivos

Se llevarán envases transparentes para que se pueda apreciar la diferencia de tonalidades, serán 2 por cada cultivo, los cuales son fitoplancton y rotíferos, el sistema deberá de ser capaz de identificar los cultivos maduros y de suministrarlo si es que es óptimo para su consumo. Además rellenara el equivalente a la cantidad consumida del cultivo.

6.7. Prueba de aplicación móvil

Para mostrar las gráficas de un registro histórico, la base de datos donde se consultara será llenada de manera manual, sin embargo a la par que se hacen las pruebas de pH, salinidad, temperatura y amoníaco, se tomarán registros para mostrar que la base de datos y las consultas que hace la aplicación móvil se actualizan.

Actividades para Proyecto terminal II

No. de activi- dad	Nombre de la tarea	Descripción de la tarea	Objetivo de la tarea	Fecha	Responsable
1	Selección de algoritmo para identificación de madurez	Seleccionar el algoritmo que de los resultados con mayor precisión para la identificación de la madurez de los cultivos	Seleccionar el algoritmo con mejores resultados	Semana 1	Alumno 1
2	Selección de algoritmo para identificación de Objetos	Seleccionar el algoritmo que de los resultados con mayor precisión para la identificación de los recipientes de los cultivos	Seleccionar el algoritmo con mejores resultados	Semana 1	Alumno 2
3	Implementación de algoritmo seleccionado	Implementar en la tarjeta de desarrollo los algoritmos para la identificación de el cultivo a suministrar	Identificar el estado de madurez y recipiente de cada cultivo	Semana 2 y Semana 3	Alumno 1 y 2
4	Desarrollo de sensor de salinidad	Desarrollar el sensor de salinidad propuesto en PT1	Desarrollar un sensor que permita lecturas de datos en el rango necesario	Semana 3 y Semana 4	Alumno 1 y 3
5	Implementación y calibración de sensor de temperatura	Implementar el sensor de temperatura, así como calibrarlo con la ayuda de instrumentación especializada para poder obtener la medición más precisa posible	Desarrollar un algoritmo que permita la lectura más precisas posible del parámetro	Semana 5	Alumno 1

6	Implementación y calibración de sensor de salinidad	Implementar el sensor de salinidad, así como calibrarlo con la ayuda de instrumentación especializada para poder obtener la medición más precisa posible	Desarrollar un algoritmo que permita la lectura más precisas posible del parámetro	Semana 5	Alumno 2
7	Implementación y calibración de sensor de pH	Implementar el sensor de temperatura, así como calibrarlo con la ayuda de instrumentación especializada para poder obtener la medición más precisa posible	Desarrollar un algoritmo que permita la lectura más precisas posible del parámetro	Semana 6	Alumno 1
8	Implementación y calibración de switch flotador	Implementar el switch flotador	Desarrollar un algoritmo que permita la lectura más precisas posible del parámetro	Semana 6	Alumno 2
9	Implementación de respuesta a mediciones de pH	Implementar el sensor de pH, así como calibrarlo con la ayuda de instrumentación especializada para poder obtener la medición más precisa posible	Desarrollar un algoritmo que ejecute las acciones necesarias para mantener en rango el parámetro	Semana 6	Alumno 1
10	Implementación de respuesta a mediciones de temperatura	Desarrollar e implementar las respuestas que necesite el sistema para poder regular la temperatura	Desarrollar un algoritmo que ejecute las acciones necesarias para mantener en rango el parámetro	Semana 7	Alumno 2

11	Implementación de respuesta a mediciones de nivel de agua	Desarrollar e implementar las respuestas que necesite el sistema para poder regular el nivel de agua	Desarrollar un algoritmo que ejecute las acciones necesarias para mantener en rango el parámetro	Semana 8	Alumno 1
12	Implementación de respuesta a mediciones de amoniaco	Desarrollar e implementar las respuestas que necesite el sistema para poder regular el amoniaco	Desarrollar un algoritmo que ejecute las acciones necesarias para mantener en rango el parámetro	Semana 9	Alumno 2
13	Implementación de respuesta e identificación de cultivos	Desarrollar e implementar las funciones del módulo cultivos para administrar el uso de los cultivos en el sistema	Desarrollar un algoritmo que permita suministrar alimento a cada una de los eslavones de la cadena alimenticia	Semana 10	Alumno 1 y Alumno 2
14	Creación de Base de datos	Crear la base de datos de acuerdo a los requerimientos y el diseño propuesto en PT1	Crear la base de datos	Semana 11	Alumno 1
15	Creación de métodos	Crear los métodos necesarios de el sistema, tales como la creación de usuarios, agregar nidos, consultar los datos históricos y filtrarlos por fechas	Crear los métodos necesarios para el funcionamiento del sistema	Semana 11	Alumno 2
16	Desarrollo de frames de aplicación móvil	Crear la interfaz de usuario de acuerdo a lo propuesto en PT1	Desarrollar una interfaz de usuario para dispositivos android	Semana 12 y Semana 13	Alumno 1

17	Conexión a la base de datos	Conectar la aplicación y el sistema de medición de datos a la base de datos	Establecer la conexión necesaria entre los módulos de nidos, cultivos y aplicación móvil	Semana 13	Alumno 2
18	Desarrollo e implementación de visualización de datos	Crear los métodos de la aplicación móvil para poder visualizar los datos obtenidos de la base de datos	Mostrar los datos almacenados en la base de datos en la interfaz de usuario	Semana 13 y Semana 14	Alumno 1
19	Implementación de todas las funciones	Implementar todas las funciones necesarias en la tarjeta de desarrollo para unificar el sistema	Unir todas las funciones necesarias que ejecuta la tarjeta de desarrollo	Semana 15 y Semana 16	Alumno 1 y Alumno 2
20	Pruebas Generales	Pruebas Generales de funcionamiento para detección y corrección de errores en el funcionamiento	Identificar y corregir los errores que presente del sistema	Semana 17 - Semana 20	Alumno 1 y Alumno 2
21	Realización del documento Final	Realización del Documento para la entrega final de PT2	Realización del Documento para la entrega final de PT2	Semana 1 - Semana 20	Alumno 1 y Alumno 2

Diagrama de Gantt

N. Act.	Responsable	Semanas																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Alumno 1																				
2	Alumno 2																				
3	Alumno 1 y 2																				
4	Alumno 1 y 2																				
5	Alumno 1																				
6	Alumno 2																				
7	Alumno 1																				
8	Alumno 2																				
9	Alumno 1																				
10	Alumno 2																				
11	Alumno 1																				
12	Alumno 2																				
13	Alumno 1 y 2																				
14	Alumno 1																				
15	Alumno 2																				
16	Alumno 1																				
17	Alumno 2																				
18	Alumno 1																				
19	Alumno 1 y 2																				
20	Alumno 1 y 2																				
21	Alumno 1 y 2																				

Conclusiones

Durante el desarrollo de las actividades realizadas en Proyecto Terminal I, se pudo determinar un diseño del sistema a presentar al final de Proyecto Terminal II. Este diseño considera el Módulo Nidos, el Módulo Cultivos y el Módulo Aplicación Móvil, de los cuales se obtuvo un diagrama esquemático general, el diseño básico de la base de datos y los Mockups de la aplicación móvil.

No obstante, surgieron problemáticas no consideradas, entre las cuales se destacan principalmente el desarrollo e implementación de un sensor de conductividad basado en el diseño del Ingeniero Ismael Hernández [56], ya que durante la investigación realizada sobre los sensores de conductividad, se determinó que las escalas de los sensores comerciales resultan insuficientes para el rango requerido por el sistema, y un sensor de uso industrial es inviable debido a su disponibilidad y costo.

Además, se identificó que la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 4B no cuenta con un ADC integrado, por lo cual se optó por utilizar un ADC externo, específicamente el ADS1256 ya que la mayoría de los sensores a utilizar proporcionan salidas analógicas, y aunque esto representó un contratiempo inicial, en retrospectiva, el uso del ADS1256 permitirá una mayor cantidad de posibilidades de configuración, incrementando las posibilidades de éxito en la calibración y caracterización de los sensores.

Aunque Proyecto Terminal I ha proporcionado una base sólida para continuar con el proyecto, algunos de los desafíos identificados para Proyecto Terminal II incluyen la integración de todos los algoritmos en la tarjeta de desarrollo, la caracterización de los sensores y la integración de todos los módulos. Estos desafíos se enfrentarán con investigaciones y ajustes continuos durante el proceso de implementación.

Referencias

- [1] Gobierno de México, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, "Peces de ornato, bellos y recreativos,"20 de julio de 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/peces-de-ornato-belllos-y-recreativos>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [2] Todo Acuarios, .^acuario Marino,"2021. [En línea]. Disponible: <https://todoacuarios.com>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [3] En tu acuario marino blog, Çiclo del nitrógeno en acuario,"[s. f.]. [En línea]. Disponible: <https://entuacuario.com/ciclo-del-nitrogeno-o-ciclado-del-acuario>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [4] L. F. Roldán, "Qué es el fitoplancton,"22 de enero de 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-fitoplancton-definicion-caracteristicas-y-ejemplos>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [5] Revista Aquanovel, .^amphiprion ocellaris,"11 de febrero de 2013. [En línea]. Disponible: <https://www.aquanovel.com/amphiprion-ocellaris>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [6] M. Aguilar, .^Estas 17 curiosidades del pez payaso son alucinantes,"Muy Interesante España, 2 de febrero de 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.muyinteresante.es/naturaleza/articulo/estas-17-curiosidades-del-pez-payaso-son-alucinantes>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [7] Coral Marino, Corales y Marinos, .^El pez payaso, mantenimiento y cría,"11 de enero de 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.coralesymarinos.com/pez-payaso-mantenimiento-y-cria>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [8] J. Fraden, "Handbook of Modern Sensors,"[s. f.]. [En línea]. Disponible: http://elektron.pol.lublin.pl/users/elekp/MNEQ_english/Fraden_Handbook_of_modern_sensors_4ed.pdf. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [9] A. G. Moreno, ROTÍFEROS,"[s. f.]. [En línea]. Disponible: <https://www.ucm.es/pseudoceomados>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].

- [10] B. López, Rotíferos: características, hábitat, reproducción, alimentación,"18 de diciembre de 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.lifeder.com/rotiferos/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [11] S. L. Covarrubias, "¿Qué son los animales dioicos?,"27 de marzo de 2021. [En línea]. Disponible: <https://aleph.org.mx/que-son-los-animales-dioicos>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [12] Y. Moon, J. Lee, y S. Park, "Sensor Network Node Management and Implementation," en 2008 10th International Conference on Advanced Communication Technology, Gangwon, Korea (South), 2008, pp. 1321-1324. doi: [10.1109/ICACT.2008.4494007](https://doi.org/10.1109/ICACT.2008.4494007).
- [13] SafeSea, Ecofriendly SunScreen, "¿Sabías que el pez payaso cambia de sexo? Cuándo y porqué,"[s. f.]. [En línea]. Disponible: <https://www.safesea.es/el-pez-payaso-cambia-de-sexo/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [14] T. E. Suherman, M. H. Widianto, y Z. Athalia, "Internet of Things System for Freshwater Fish Aquarium Monitoring and Automation Using Iterative Waterfall," en 2022 4th International Conference on Cybernetics and Intelligent System (ICO-RIS), Prapat, Indonesia, 2022, pp. 1-6. doi: [10.1109/ICORIS56080.2022.1003131](https://doi.org/10.1109/ICORIS56080.2022.1003131).
- [15] P. González, R. Pineda, y O. Romero, "Sistema de control y monitoreo para acuarios (Aquarium Resort),"14 de febrero de 2020. [En línea]. Disponible: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/27972>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [16] L. Alvarez, J. Ballesteros, A. Flores, y S. Gonzalez, "Diseño de un sistema integral de mantenimiento y alimentación de un acuario de agua dulce con capacidad de 60 litros para una casa habitación,"15 de octubre de 2015. [En línea]. Disponible: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/15088>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [17] Gobierno de México, Secretaría de Economía, "Peces Vivos,"[s. f.]. [En línea]. Disponible: <https://www.economia.gob.mx/peces-vivos-intercambio-comercial-compras-y-ventas-internacionales-mercado-y-especializacion>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [18] S. Campillo, Cuando las demandas de mascotas se disparan tras éxitos de taquilla,"6 de julio de 2016. [En línea]. Disponible: <https://hipertextual.com/2>

016/07/demanda-mascotas-peliculas. [Último acceso: 7 de julio de 2024].

- [19] PecesWebsite, "Valores óptimos acuario marino,"[s. f.]. [En línea]. Disponible: <https://peces.website/valores-optimos-acuario-marino/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [20] Hanna Instruments, "Parámetros a controlar para mantener tu acuario,"[s. f.]. [En línea]. Disponible: <https://www.hannainst.es/blog/1610/Para-un-correcto-mantenimiento-de-un-acuario>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [21] Mundo Acuatico, "Pez Payaso: Cría y cuidados,"[s. f.]. [En línea]. Disponible: <https://mundoacuatico.info/pez-payaso-cria-y-cuidados/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [22] Exaprint, "Formatos de Imagen: Características,"Blog de Exaprint, 18 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: <https://blog.exaprint.es/formatos-de-image-n-caracteristicas/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [23] R. M. Ramos, Capítulo 3: [Título del Capítulo],"Nombre del Documento, Tesis de Maestría (o Tesis de Licenciatura), Departamento, Universidad de las Américas Puebla. [En línea]. Disponible: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales//documentos/lis/ramos_r_m/capitulo3.pdf. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [24] I. Gonzalez, . El análisis matemático del proceso de cuantificación,"Tutoriales de Digitalización, Universidad Carlos III de Madrid. [En línea]. Disponible: https://www.tsc.uc3m.es/~igonzalez/Tutoriales/Digitalizacion/archivos/cuantificacion_analitico.html#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20matem%C3%A1tico%20del%20proceso%20de%20cuantificaci%C3%B3n%20se,de%20los%20dos%20elementos%20involucrados%3A%20se%C3%B1al%20y%20ruido. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [25] A. Delgadillo Martínez, A. Rodríguez Espinoza, y P. A. Martínez Herrera, "Diseño de un sistema de control y monitoreo para un acuario por acceso remoto,Instituto Politécnico Nacional, 2012. [En línea]. Disponible: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/10519>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [26] E. Aquino Olivares, C. Gloria Badillo, y D. B. Lara Gómez, "Sistema de monitoreo y telemetría para la evaluación del crecimiento durante la etapa larvaria del pez blanco (Chirostoma estor estor) en cultivo,Instituto Politécnico Nacional, 2015. [En línea]. Disponible: <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/14>

198. [Último acceso: 7 de julio de 2024].

- [27] GobeTech, Cómo funcionan las sondas de pH,"GobeTech, 2022. [En línea]. Disponible: https://www.gobetech.com/79426/como-funcionan-las-sondas-de-ph.html?expand_article=1. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [28] "Ácidos y bases,.en Your Mother Was a Chemist, 2015. [En línea]. Disponible: <http://kitchenscience.sci-toys.com/acids>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [29] J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky, y R. B. Jackson, .^acidic and basic conditions affect living organisms,.en Campbell Biology, 10a ed., p. 51, San Francisco, CA: Pearson, 2011.
- [30] A. J. Moyado, Cómo funciona el electrodo de vidrio para medición de pH,Centro Banamex, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.centrobanamex.com.mx/como-funciona-el-electrodo-de-vidrio-para-medicion-de-ph/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [31] Red Hat, "What is IoT?,Red Hat, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [32] Oracle, "What is IoT?,.oracle. [En línea]. Disponible: <https://www.oracle.com/mx/internet-of-things/what-is-iot/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [33] S. E. Abasolo, M. A. Carrer, R. X. Gordillo, y C. G. Romero, .Evaluación del modelo de referencia de 'Internet of Things' (IoT), mediante la implantación de arquitecturas basadas en plataformas comerciales, open hardware y conectividad IPv6,"2023. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/7648/1/AC-ET-ESPE-047621.pdf>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [34] J. D. Wilkerson, Clownfishes: A Guide to Their Captive Care, Breeding, and Natural History. Microcosm, 1998.
- [35] Ideas Marinas, .^Ammonia Alert: Medidor Continuo de amoníaco,"[En línea]. Disponible: <https://ideasmarinas.com/ammonia-alert-medidor-continuo-de-amonio/#:~:text=Detecta%20de%20forma%20continua%20la%20peligrosa%20tasa%20de,precisar%20la%20cantidad%20de%20Amonio%20/%20amonaco%20libre>.

[Último acceso: 7 de julio de 2024].

- [36] SeaChem, *Prime*. [En línea]. Disponible: <https://www.seachem.com/prime.php>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [37] Ciencia y Biología, "Ósmosis,"2019. [En línea]. Disponible: <https://cienciaybiologia.com/smosis/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [38] Electronilab, "Sensor Vertical de Nivel de Agua Plástico - Flotador Interruptor,"[En línea]. Disponible: <https://electronilab.co/tienda/sensor-vertical-de-nivel-de-agua-plastico-flotador-interruptor/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [39] Hmong.es, "Minimum Energy Control,"[En línea]. Disponible: https://hmong.es/wiki/Minimum_energy_control. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [40] TranslatorsCafe, ".Electric Conductivity Unit Converter,"[En línea]. Disponible: <https://www.translatorscafe.com/unit-converter/es-ES/electric-conductivity/13-10/microsiemens/centimeter-millisiemens/meter/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [41] HamzasReef, "Salinity conversión Calculator,"[En línea]. Disponible: <https://www.hamzasreef.com/Contents/Calculators/SalinityConversion.php>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [42] ConvertWorld, "Conductancia Eléctrica: Milisiemens,"[En línea]. Disponible: <https://www.convertworld.com/es/conductancia-electrica/milisiemens.html>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [43] CircuitsDIY, ".^CS712 5A Current Sensor Module,"[En línea]. Disponible: <https://www.circuits-diy.com/acs712-5a-current-sensor-module/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [44] Tractian, "Sensor de Energía y Tensión,"[En línea]. Disponible: https://tractian.com/es/sensor-energia-tension?utm_source=&utm_medium=cpc&utm_campaign=mex-conversion-institutional-cold-search-bing-kw-institutional-all-products&utm_term=kw-energy-trac&utm_content=sensores%20de%20corriente&msclkid=15099f64f08b1e2781acf909f9d684ca. [Último acceso: 7 de julio de 2024].

- [45] DigiPart, "DS18B20 Temperature Sensor - Digi-Key Electronics,"[En línea]. Disponible: https://www.digipart.com/part/DS18B20%2B?msclkid=50bf9700de1718a1d140f1785a4cb49c&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=Tier_Popular&utm_term=DS18B20%2B&utm_content=Tier_Popular_0. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [46] UElectronics, "Sensor de pH para líquido,"[En línea]. Disponible: <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-ph-líquido/>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [47] SSDIElect, "PH-4502C pH Sensor for Arduino and Compatible Boards,"[En línea]. Disponible: <https://ssdielect.com/arduino-y-compatibles-1/885-ph-4502c.html>. [Último acceso: 7 de julio de 2024].
- [48] Ingenierizando. (s. f.). Resistividad y Conductividad. [En línea]. Disponible en: <https://www.ingenierizando.com/electronica/resistividad-y-conductividad/>
- [49] Academia Lab. (s. f.). Resistividad y Conductividad Eléctrica. [En línea]. Disponible en: <https://academia-lab.com/enciclopedia/resistividad-y-conductividad-electrica/>
- [50] ConceptoDE. (s. f.). Conductividad Eléctrica. [En línea]. Disponible en: <https://concepto.de/conductividad-electrica/>
- [51] Naylamp Mechatronics. (s. f.). Tutorial: Sensor de Corriente ACS712. [En línea]. Disponible en: https://naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html
- [52] Amen Technologies. (s. f.). How to Use OV7670 Camera Module with Arduino. [En línea]. Disponible en: <https://es.amen-technologies.com/how-use-ov7670-camera-module-with-arduino>
- [53] RaspberryPiCamera. (s. f.). Raspberry Pi Camera Module V2. [En línea]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.com/products/camera-module-v2/>
- [54] Random Nerd Tutorials. (s. f.). Guide to Raspberry Pi Camera V2 Module. [En línea]. Disponible en: <https://randomnerdtutorials.com/guide-to-raspberry-pi-camera-v2-module/>

- [55] Luis Llamas. (s. f.). Arduino: Medir Intensidad y Consumo Eléctrico con ACS712. [En línea]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/arduino-intensidad-consumo-electrico-acs712/>
- [56] Ismael Hernández de Jesús. (s. f.). Monitoreo automatizado de los parámetros de calidad del agua pH, temperatura y conductividad. [En línea]. Disponible en: https://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6926/Monitoreo_automatizado_de_los_parametros_Hernandez_de_Jesus_I_2018.pdf?sequence=1
- [57] Universidad Europea. (s.f.). ¿Qué es un acuario? [En línea]. Disponible en: <https://universidadeuropea.com/blog/que-es-un-acuario/>
- [58] Arduino. (s. f.). Arduino Mega 2560. [En línea]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [59] Raspberry Pi Foundation. (s. f.). Raspberry Pi 3 Model B+. [En línea]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>
- [60] Raspberry Pi Foundation. (s. f.). Raspberry Pi 4 Model B. [En línea]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- [61] Espressif Systems. (s. f.). ESP32. [En línea]. Disponible en: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- [62] BeagleBoard.org Foundation. (s. f.). BeagleBone Black. [En línea]. Disponible en: <https://beagleboard.org/black>
- [63] Texas Instruments, *ADS1015: Ultra-Small, Low-Power, 12-Bit Analog-to-Digital Converter with Internal Reference and an I^C Interface*, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1015.pdf>
- [64] Texas Instruments, *ADS1115: Ultra-Small, Low-Power, 16-Bit Analog-to-Digital Converter with Internal Reference and an I^C Interface*, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1115.pdf>
- [65] Microchip Technology Inc., *MCP3008: 10-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) with SPI Interface*, 2006. [En línea]. Disponible en: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21295d.pdf>

- [66] Microchip Technology Inc., *MCP3208: 12-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) with SPI Interface*, 2006. [En línea]. Disponible en: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21298e.pdf>
- [67] NXP Semiconductors, *PCF8491: Universal LCD driver for low multiplex rates*, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/PCF8491.pdf>
- [68] Maxim Integrated, *MAX11612: Low-Power, 12-Bit Analog-to-Digital Converter*, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX11612-MAX11617.pdf>
- [69] Texas Instruments, *ADS1256: 24-Bit Analog-to-Digital Converter with Low-Noise PGA and 30kSPS Data Rate*, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1256.pdf>
- [70] ON Semiconductor, *MOC3021: Optoisolators, Phototransistor Output*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/moc3021-d.pdf>
- [71] Python Software Foundation, *Python 3.9.1 Documentation*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://docs.python.org/3/>
- [72] Lifelong Kindergarten Group, MIT Media Lab, *Scratch: Imagine, Program, Share*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://scratch.mit.edu>
- [73] Mozilla Developer Network (MDN), *JavaScript Guide*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Guide>
- [74] ISO/IEC, *ISO/IEC 14882:2020: Information technology — Programming languages — C++*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://isocpp.org/std/the-standard>
- [75] Segmentation de Imágenes mediante Agrupación en Clústeres de K-Medias, 2023 [En línea]. Disponible en: <https://ichi.pro/es/segmentacion-de-imagenes-mediante-agrupacion-en-clusteres-de-k-medias-77678854581873>

- [76] Barcelona Geeks, *Segmentación de Imágenes mediante Agrupación en Clústeres de K-Medias*, 2022 [En línea]. Disponible en: <https://barcelonageeks.com/segmentacion-de-imagenes-mediante-agrupacion-en-clusteres-de-k-medias/>
- [77] Adams, R., Bischof, L., & Elhabian, S. (2010). *Segmentation of Brain MR Images Through a Hidden Markov Random Field Model and the Expectation-Maximization Algorithm*. IEEE Transactions on Medical Imaging, 26(4), 518-529.
- [78] Haralick, R. M., & Shapiro, L. G. (1992). *Computer and Robot Vision, Volume I: Principles*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA.
- [79] Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2009). *Digital Image Processing Using MATLAB*. Gatesmark Publishing.
- [80] Sezgin, M., & Sankur, B. (2004). *Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation*. Journal of Electronic Imaging, 13(1), 146-165.
- [81] 3GPP, *3GPP TS 36.300: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.3gpp.org/DynaReport/36300.htm>
- [82] NFC Forum, *NFC Technology*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://nfc-forum.org/our-work/specifications-and-application-documents/specifications/nfc-technology>
- [83] ISO/IEC, *ISO/IEC 18000-63: Information technology — Radio frequency identification for item management — Part 63: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz Type C*, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/59644.html>
- [84] IEEE, *IEEE Std 802.11-2020: IEEE Standard for Information Technology—Telecommunications and Information Exchange between Systems Local and Metropolitan Area Networks—Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*, 2020. [En línea]. Disponible en: https://standards.ieee.org/standard/802_11-2020.html
- [85] Bluetooth SIG, *Bluetooth Core Specification v5.2*, 2020. [En línea]. Disponible

en: <https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>

[86] Zigbee Alliance, *Zigbee Specification*, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://zigbeealliance.org/solution/zigbee/>

[87] Texas Instruments, *Introduction to UARTs*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.ti.com/lit/an/slla066a/slla066a.pdf>

[88] NXP Semiconductors, *UM10204: I2C-bus specification and user manual*, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>

[89] Motorola, *SPI Block Guide*, 2003. [En línea]. Disponible en: <https://www.nxp.com/docs/en/reference-manual/S12SPIV3.pdf>

[90] Maxim Integrated, *1-Wire Communication*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/1796>

[91] TIA, *TIA-232-F: Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit-Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange*, 1997. [En línea]. Disponible en: <https://standards.tiaonline.org/standards/technology/serial>

[92] Google, *Google Cloud SQL Documentation*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://cloud.google.com/sql/docs>

[93] Amazon Web Services, *Amazon RDS Documentation*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://docs.aws.amazon.com/rds/index.html>

[94] Microsoft, *Azure SQL Database Documentation*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/azure-sql/>

[95] Amazon Web Services, *Amazon Aurora Documentation*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://docs.aws.amazon.com/aurora/index.html>

[96] Oracle, *Oracle Cloud Database Documentation*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://docs.oracle.com/en/cloud/>

- [97] Google, *Android Studio Documentation*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio>
- [98] Microsoft, *Xamarin Documentation*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://docs.microsoft.com/en-us/xamarin/>
- [99] Google, *Flutter Documentation*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://flutter.dev/docs>
- [100] Google, *React Native Documentation*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://reactnative.dev/docs/getting-started>
- [101] F. J. Millero, C. T. A. Chen, A. Bradshaw, y K. Schleicher, A new high pressure equation of state for seawater, *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, vol. 27, no. 3, pp. 255-264, 1980.
- [102] UNESCO, "The Practical Salinity Scale 1978 and the International Equation of State of Seawater 1980," *Technical Papers in Marine Science*, no. 36, 1981.