
**Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto,
de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en
estanques de tierra**



Yeison Yesid Bertel López
Fabian Leónidas Martínez Quinchanegua

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería
Programa de Ingeniería de Telecomunicaciones
Facatativá, Cundinamarca
Septiembre de 2021

**Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la
calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de
tierra**

Yeison Yesid Bertel López
Fabian Leónidas Martínez Quinchanegua

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniero de Telecomunicaciones

Director:
Ing. William Alexander Cuevas Carrero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería
Programa de Ingeniería de Telecomunicaciones
Facatativá, Cundinamarca
Septiembre de 2021

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Los autores de la presente propuesta manifestamos que conocemos el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conocemos el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

Agradecimientos

Primeramente, agradecemos a Dios por la vida, a nuestras familias por apoyarnos y acompañarnos en nuestra formación educativa, que constituye el camino para nuestro crecimiento personal.

De la misma manera, agradecemos a nuestros profesores por brindarnos sus conocimientos, en especial a nuestro director de proyecto por manifestarnos su apoyo, y guiarnos en el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

Resumen

Actualmente la piscicultura constituye el 75% de la producción agropecuaria del país a tomado fuerza durante los últimos x años en algunas de nuestras regiones, sin embargo, los pequeños piscicultores no cuentan con las herramientas y equipos necesarios para desarrollar mencionada actividad de una forma adecuada y/o tecnicada lo que les acarrea una alta mortandad de peces durante el proceso del cultivo en sus diferentes etapas de desarrollo y crecimiento, generando pérdidas económicas en la producción.

Como solución para la optimización del cultivo de peces, en el mercado existen diversas variedades de equipos electrónicos y/o químicos, los cuales brindan una alternativa de monitoreo y control de los cultivos, no obstante, los pequeños piscicultores no tienen acceso a esos dispositivos, debido a los altos precios de comercialización.

Con base en lo anterior, se desarrolló un dispositivo electrónico de bajo costo para la medición y monitoreo de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra empleando sensores de pH, oxígeno y temperatura, cuya información adquirida durante las pruebas del prototipo fue enviada por una red de área local WLAN a una distancia de 135 metros desde el estanque del cultivo al centro de monitoreo por medio de comunicación inalámbrica punto a punto mediante tecnología XBee de 2.4GHz, sin embargo, de acuerdo con la literatura el radio enlace permitirá comunicación a 1200 metros en línea de vista; así mismo, se incluyó una red inalámbrica de área amplia WMAN conectando el dispositivo receptor a una red Wifi con servicio de internet para subir la información a un servidor IoT, ampliando la cobertura de monitoreo en cualquier parte del mundo, lo anterior brindando la posibilidad al piscicultor de conocer las condiciones fisicoquímicas del cultivo de Tilapia y de esta manera él pueda tener una herramienta de visualización para que pueda tomar medidas que mitiguen el alto índice de mortalidad de peces en su cultivo.

Para este proyecto se empleará una investigación de tipo correlacional con enfoque mixto, iniciando con una encuesta que recolecte datos en campo mediante estadística descriptiva y una lista de chequeo, que defina los parámetros más importantes para el desarrollo, con el fin de establecer la instrumentación electrónica a emplear. Por otra parte, desde el enfoque cualitativo, se observarán las técnicas artesanales empleadas por los piscicultores en sus cultivos y, a partir de los resultados, se alimentará el dispositivo que permitirá monitorear de forma remota las variables del agua, temperatura, oxígeno y pH.

Palabras claves: Monitoreo, medición, comunicación inalámbrica, cultivos de Tilapia, calidad del agua, oxígeno, temperatura, pH.

Abstract

Currently, fish farming constitutes 75% of the country's agricultural production, this activity has gained strength during the last years in some of our regions, nevertheless, small fish farmers do not have the necessary tools and equipment to carry out the aforementioned activity in an adequate or technified way, this causes a high mortality rate of fish during the cultivation process in its different stages of development and growth, generating economic losses in production.

As a solution for the optimization of fish farming, there are several varieties of electronic and / or chemical equipment on the market, which provide an alternative for monitoring and controlling fish farms, despite their existence not every fish farmer has access to these devices due to the high marketing prices.

Based on the above, a low-cost electronic device was developed for the measurement and monitoring of water quality in tilapia hatcheries in earthen ponds with the use of pH, oxygen and temperature sensors. The information which was acquired during the prototype tests was sent by a WLAN local area network at a distance of 135 meters from the farming pond to the monitoring center employing a point-to-point wireless communication using 2.4GHz XBee technology, yet according to the literature, the radio link will allow communication at 1200 meters in line of sight; Likewise, a WMAN wide area wireless network was included connecting the receiving device to a Wi-Fi network with internet service to upload the information to an IoT server, expanding the monitoring coverage anywhere in the world. This allows the possibility for fish farmers to know the physicochemical conditions of the Tilapia farms in order to have a visualization tool that can provide measures that mitigate the high mortality rate of fish.

For this project, a correlational research with a mixed approach will be used, originating at a survey that collects data in the field through descriptive statistics and a checklist, the previous elements define the most important parameters for development, in order to establish electronic instrumentation. On the other hand, from the qualitative approach, the handcraft techniques used by fish farmers in their farms will be observed and based on the results, the device will collect information that will allow remote monitoring of the water, temperature, oxygen and pH variables.

Keywords: Monitoring, measurement, wireless communication, Tilapia crops, water quality, oxygen, temperature, ph.

Contenido

Resumen	4
Abstract	6
Contenido	7
Lista de Figuras	8
Lista de Tablas	9
Lista de Anexos	10
Lista de símbolos y abreviaturas	11
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivo General	16
3.2. Objetivos Específicos	16
4. Marco conceptual y estado del arte	17
5. DISEÑO METODOLÓGICO	26
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	30
LoRa Radio 433MHz.....	46
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
6.4. Conclusiones	59
6.5. Recomendaciones	59
BIBLIOGRAFÍA.....	61

Lista de Figuras

Figura 1. Sensor de Temperatura DS18B20	18
Figura 2. Sensor de oxígeno 426-SEN0237-A	19
Figura 3. Sensor de Potencial de Hidrógeno (pH) 4502C	20
Figura 4. Arquitectura Básica de una Red XBee.....	22
Figura5. Fases del proyecto.....	26
Figura 6. pH Vs Voltaje en el electrodo	35
Figura 7. Circuito equivalente para el funcionamiento de la sonda de pH	35
Figura 8. Circuito de acondicionamiento para el sensor de pH	36
Figura 9. Prueba del acondicionamiento del sensor de pH en punto de -414,12mV	36
Figura 10. Prueba del acondicionamiento del sensor de pH en punto de 414,12mV	37
Figura 11. Uso de la solución de NaOH.....	39
Figura 12. Circuito equivalente para el funcionamiento de la sonda de pH	41
Figura 13. Diagrama de conexión para visualización remota en tiempo real empleando IoT	44
Figura 14. Simulación conectividad del enlace	48
Figura 15. Placa de desarrollo y conexión a periféricos de comunicación externos	48
Figura 16. Integración módulos en tarjeta desarrollada del dispositivo maestro .	49
Figura 17. Diagrama de conexión sonda de oxígeno	49
Figura 18. Integración módulos en tarjeta desarrollada del dispositivo esclavo ..	50
Figura 19. Dispositivo maestro instalado en la caja.....	50
Figura 20. Dispositivo esclavo instalado en la caja	51
Figura 21. Dispositivo esclavo instalado en la caja	51
Figura 22. Interfaz gráfica local.....	52
Figura 23. Pantallazo de los datos enviados desde Proteus por medio del puerto serial	52
Figura 24. Medidor de pH portátil HI-9124.....	53
Figura 25. Medición hecha con la interfaz local durante la medición en laboratorio	55
Figura 26. Medición hecha con el equipo certificado HI-9124	55
Figura 27. Visualización Interfaz gráfica Remota ThingSpeak	56
Figura 28. Visualización Interfaz gráfica ThingSpeak móvil	57

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Características Técnicas del DS18B20</i>	18
Tabla 2. <i>Características Técnicas del 426-SEN0237-A</i>	19
Tabla 3. <i>Características Técnicas del 4502C</i>	20
Tabla 4. <i>Cronograma de actividades</i>	28
Tabla 5. <i>Comparación de sensores comerciales para pH</i>	33
Tabla 6. <i>Relación pH Vs Voltaje en el electrodo</i>	34
Tabla 7. <i>Variación de voltaje en el electrodo</i>	36
Tabla 8. <i>Comparación de sensores comerciales para Oxígeno</i>	38
Tabla 9. <i>Relación entre la temperatura y el OD, con saturación alta de oxígeno</i>	40
Tabla 10. <i>Comparación de tarjetas para comunicación de red inalámbrica de área local</i>	45
Tabla 11. <i>Datos Radio enlace con dispositivo XBee S1 pro</i>	47
Tabla 12. <i>Relación sonda del proyecto – equipo certificado</i>	53
Tabla 13. <i>Valores de medición sonda del proyecto</i>	54
Tabla 14. <i>Presupuesto del Proyecto</i>	57

Lista de Anexos

Anexo A. Encuesta de caracterización aplicada a piscicultores de Tilapia	64
Anexo B. Diagrama conexiones electrónicas de los componentes.....	69
Anexo C. Cesión de derechos de interfaz local.....	70
Anexo D. Sesión de derechos interfaz remota	74

Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolos

Símbolo	Unidad SI	Magnitud
<i>A</i>	Amperios	<i>Corriente eléctrica</i>

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>pH</i>	Potencial de hidrógeno
<i>OD</i>	Oxígeno
<i>T</i>	Temperatura

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital, es por ello que se constituye como uno de los elementos fundamentales para la vida, hoy día debido a su escasez y contaminación adquiere una serie de características preocupantes a escalas mundiales.

Así, como para el ser humano, este recurso natural es de vital importancia para la producción piscícola, por ende, se hace necesario tener en consideración diversos parámetros fisicoquímicos, que de una u otra manera intervienen en el normal crecimiento de los organismos vivos. La temperatura, el pH y el oxígeno del agua son variables de gran importancia dentro de la piscicultura, por lo tanto, tener un dato confiable gracias a una medición, establece un paso de suma importancia a la hora de automatizar un sistema completo de instrumentación en la piscicultura.

El cultivo y crianza de peces es llevado a cabo en distintas fases como son; la fase de producción – cría y fase de engorde. Durante el proceso de producción – cría de peces es importante analizar el ambiente que lo rodea para asegurar un adecuado crecimiento y salud. Para dicho propósito debemos enfocarnos en la calidad del agua la cual está dada por el conjunto de propiedades físicas, químicas y su interacción con los organismos vivos. Un estanque con agua de buena calidad producirá más que un estanque con agua de mala calidad; además, es importante tener en consideración que hay diferentes factores que afectan la población de un estanque, pero solo unos cuantos son posible de tener en cuenta, los cuales deben ser evaluados periódicamente, con el fin de aplicar los correctivos necesarios. (Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo, 2001).

Una de las problemáticas que enfrenta el sector piscícola, en especial los pequeños productores, está relacionada con el control de las variables físico químicas anteriormente mencionadas; como solución a lo anterior en este documento, se presenta el desarrollo de un dispositivo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia, de bajo costo, brindando con ello al piscicultor una herramienta tecnológica para que pueda tener una mejor producción en los cultivos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las problemáticas que se encuentra en los cultivos de Tilapia, es el alto índice de mortalidad, el cual llega a ser mayor al 20%. Esto se debe a que los piscicultores no cuentan con asesoría técnica que les ayude a mejorar el manejo de los cultivos, las prácticas administrativas y a disminuir los costos de producción, además, no tienen un control adecuado de algunas variables fisicoquímicas del cultivo, ya sea por falta de presupuesto o conocimiento, entonces muchos piscicultores siguen aplicando técnicas tradicionales en el cultivo de Tilapia para evitar subir sus costos (Dussán et al., 2016).

Bajo condiciones normales debe existir una especie de equilibrio entre el pez, los potenciales patógenos y los factores ambientales, un factor predisponente de condición ambiental tiene que ver con la alteración en la calidad del agua y el inadecuado manejo de los residuos, tales como: la acumulación de materia orgánica o fluctuaciones en la temperatura debido a la densidad de población, alimentos con altos niveles de proteína, disposición de los estanques, el tipo de suelo y la ubicación geográfica. Es por esto que el DANE, 2014 establece que la temperatura óptima de 22 a 26°C, oxígeno disuelto mínimo de 4 ppm, acidez de 5,0 a 9,0 de pH con un valor ideal de 7,5; variables que deben estar constantemente monitoreadas con el fin de disminuir la mortalidad en el cultivo.

Es por eso que, en Burbano Criollo, 2015 se establece el protocolo de monitoreo para la medición de la calidad de agua y sedimentos; diariamente en las horas de la mañana y al final de la tarde deberán medirse los valores de temperatura y oxígeno disuelto, el pH una vez a la semana, en las mismas horas del día, los demás parámetros podrán ser monitoreados cuando la persona encargada lo considere.

Si la explotación cuenta con los medios, las mediciones deberán llevarse a una base de datos, para realizar estudios retrospectivos, prospectivos y comparativos, lo anterior no es posible llevarlo a cabo comúnmente debido a la falta de recursos económicos para compra de dispositivos de medición comerciales, acceso de personal idóneo a los cultivos y aplicación de métodos tradicionales por el desconocimiento de los estándares de control en dichas variables. Cuando es posible se designa una persona para recolectar y procesar la información llevando muestras del agua o sedimentos al laboratorio, para que el experto pueda analizar y generar las recomendaciones que se requieran. Siendo una falencia sobre la práctica ya que genera retardos para un verdadero análisis para la toma de decisiones en tiempo real.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente expuestas, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo medir la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra, por medio de las variables de temperatura, oxígeno y pH, con un solo dispositivo de bajo costo durante las 24 horas del día, tanto en sitio o de manera remota?

2. JUSTIFICACIÓN

La acuicultura continental es el subsector que más ha crecido en los últimos 25 años en Colombia; su desarrollo ha demostrado que puede ser una opción importante en el sector productivo agropecuario, con un potencial de crecimiento claro por desarrollarse. La introducción de la Tilapia y la Trucha en la primera mitad del siglo XX por parte del gobierno, junto con el desarrollo acuícola de la cachama y otras especies (bocachico, yamú, sábalo y carpa), hizo que la acuicultura continental comenzará a evolucionar en el país y pasara de una producción anual de 22.423 en 1995 a 97.227 en 2014 (Melorose, Perroy, Y Careas, 2015) en Colombia las especies más cultivadas comercialmente son la tilapia roja o mojarra roja (*Oreochromis sp.*), la tilapia nilótica o plateada (*Oreochromis niloticus*) y la mojarra negra (*Oreochromis mossambicus*). (DANE, 2014).

El área que ocupa la actividad piscícola en Colombia es aproximadamente 2000 Hectáreas, de las cuales el 98 % pertenece a criaderos en tierra y el restante se realiza en jaulas flotantes. Así mismo, más del 90 % de los piscicultores son artesanos con recursos limitados y solo el 10 % son medianos y grandes empresarios. (Esquivel Y Plata, 2014). Los principales lugares de producción son los departamentos del Huila, Tolima, Antioquia, Santander, Meta y Valle del Cauca, que aportan aproximadamente el 75 % de la producción. (Salazar Ariza, 2015).

Autores como Arancegui, M. N., y Sabalza, X. (2016) proponen que los productos inteligentes se caracterizan por disponer de electrónica, software embebido y conectividad, lo que, en conjunto, le dotan de nuevas características, capacidades y funciones. La conectividad proporciona capacidad de comunicación máquina a máquina e interacción con humanos. El software les permite autogestionarse y tomar decisiones descentralizadas. Equipados con sensores que captan información sobre el entorno, datos que pueden gestionar un servicio, siendo invisibles a los operadores, adaptando su funcionalidad en tiempo real a las necesidades del cliente.

Así mismo, permiten ofrecer servicios innovadores y establecer nuevos modelos de negocio; recogiendo grandes cantidades de datos y realizando el análisis para optimizar los modelos existentes, los modelos analíticos aplicados a esos datos (Big Data) pueden automatizar la toma de decisiones.

Con base a lo anterior, este proyecto propone encontrar soluciones que innovan sobre los procesos tradicionales del cultivo de Tilapia, empleando dispositivos tecnológicos que permitan un monitoreo remoto de forma de las variables presentes en el agua como Temperatura, oxígeno y pH.

3.OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema electrónico de medición para monitorear remotamente, las variables de temperatura, oxígeno y pH para determinar la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las diferentes técnicas utilizadas actualmente por los piscicultores, para la medición de las variables fisicoquímicas en criaderos de Tilapia en estanques de tierra.
- Seleccionar y acondicionar la instrumentación electrónica requerida, para la medición de temperatura, PH y oxígeno en criaderos de Tilapia.
- Definir el protocolo de comunicaciones a emplear para el monitoreo remoto de la calidad del agua.
- Evaluar el desempeño del sistema con patrones e instrumentos de medida certificados.

4. Marco conceptual y estado del arte

4.1. Marco Conceptual

La implementación y uso de herramientas tecnológicas en la piscicultura ha traído consigo grandes beneficios, como, por ejemplo; monitorear de forma remota y obtener valores en modo tiempo y lugar, acerca de las variables físico-químicas del agua, tales como, pH, temperatura y oxígeno entre otras.

uno de ellos hace referencia a la mejora en la producción de las especies.

4.1.1. Acuicultura.

“Cría de organismos acuáticos, comprendidos peces, moluscos, crustáceos y plantas. La cría supone la intervención humana para incrementar la producción; por ejemplo: concentrar poblaciones de peces, alimentarlos o protegerlos de los depredadores. La cría supone asimismo tener la propiedad de las poblaciones de peces que se estén cultivando. La acuicultura varía mucho según el lugar donde se lleve a cabo, desde la piscicultura de agua dulce en los arrozales de Vietnam hasta la cría de camarón en estanques de agua salada en las costas de Ecuador, y la producción de salmón en jaulas en las costas de Noruega o de Escocia. Sin embargo, la mayor parte de la acuicultura se lleva a cabo en el mundo en desarrollo, para la producción de especies de peces de agua dulce de poco consumo en la cadena alimentaria, como la tilapia o la carpa” (FAO, 2018).

4.1.2. Piscicultura.

“La piscicultura, en sentido riguroso de la palabra, no es otra cosa que la cría y multiplicación de los peces, verifíquense estas en plena libertad o en depósitos de agua cerrados. Por lo tanto, el arte de la piscicultura está basado en la fecundación natural o artificial y en la incubación de los huevos del pescado, con el objeto de obtener crías o alevines que se engordan o engruesan para que sirvan de alimento al hombre” (Balaguer, 1877).

4.1.3. Estanques.

“Es un entorno cerrado. Los estanques son los entornos más utilizados en acuicultura con referencia a los sistemas intensivos. Los mismos pueden ser construidos en tierra, recubiertos con geomembrana⁴ o en cemento. Su construcción va de acuerdo al tipo de

cultivo y al entorno climático”. (Rodríguez Gómez, Horacio; Anzola Escobar, Eduardo, 2001).

4.1.4. Sensor de temperatura DS18B20.

“El sensor DS18B20 permite medir temperaturas de hasta 125°C de forma fácil y además está sellado en un envoltorio con carcasa que permite sumergirlo en un líquido o protegerlo de la intemperie. Dado que es un sensor digital, la señal leída no se degrada debido a la distancia del cableado. Puede funcionar en modo 1-Wire con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ con una resolución de 12 bits. También pueden utilizarse varios sensores sobre el mismo pin ya que internamente viene programado con un ID único de 64 bits para diferenciarlos. El rango de funcionamiento es de 3 a 5V por lo que se puede utilizar en prácticamente cualquier sistema de que use microcontroladores” (Moliner, Gutiérrez, Moreno, Y Aldana, 2014).

Tabla 1.
Características Técnicas del DS18B20

	CARACTERÍSTICAS
Rango de temperaturas	-55°C a 125°C
Resolución	9-bit, 10-bit, 11-bit o 12-bit (default)
Alimentación	3.0V a 5.5V
VDD	Voltaje de alimentación
GND	Tierra
DQ	Datos
Error (-10°C a 85°C)	$\pm 0,5^\circ\text{C}$
Error (-55°C a 125°C)	$\pm 2^\circ\text{C}$

Múltiples sensores pueden compartir el mismo pin
Tiempo de captura inferior a 750ms

Fuente: Elaboración propia basada en Dallas (s.f). *Programmable Resolution Digital Thermometer*
<http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>



Figura 1. Sensor de Temperatura DS18B20

Fuente: Sumador. Tienda de robótica y electrónica (2021).
<https://images.app.goo.gl/A3A2CrJiXxYVA8SX6>

4.1.5. Sensor de oxígeno disuelto 426-SEN0237-A.

El sensor de oxígeno disuelto permite una rápida solución para diseños de bajo costo sin que se sacrifique la operatividad del diseño, además de ser un sistema embebido ya que el sensor consta de una sonda de oxígeno disuelto de membrana HDPE y un circuito que se encarga de la adaptación de la señal analógica proveniente de la sonda y la entrega al sistema general que se encarga de monitorear dichas mediciones, para el presente caso la placa electrónica programable Arduino Mega 2560.

La sonda consta de un tubo con una varilla de zinc (ánodo) sumergido en un electrolito, el elemento de detección es la membrana de HDPE comprimida contra un disco de plata (cátodo).



Figura 2. Sensor de oxígeno 426-SEN0237-A

Fuente: Sigma Electrónica. (2021).

<https://www.sigmaelectronica.net/producto/sen0237-a/>

Tabla 2.

Características Técnicas del 426-SEN0237-A

ESPECIFICACIONES	
Dimensiones	42 mm x 32 mm
Categoría de producto	Múltiple Función Sensor Development Tools
Para uso con	Arduino
Voltaje operativo de suministro	3.3 V to 5.5 V
Tipo	Galvanic Probe
Producto	Evaluation Kits

Fuente: Trustedparts (s.f). SEN 0237-A <https://www.trustedparts.com/es/part/dfrobot/SEN0237-A>

4.1.6. Sensor de Potencial de Hidrógeno (pH) 4502C.

El sensor de Potencial de Hidrógeno (pH) es un transductor que permite conocer el pH de una solución, esto lo realiza a través de un método electroquímico que utiliza una membrana de vidrio que separa dos sustancias con diferentes cantidades de, el sensor es un elemento pasivo que genera una pequeña cantidad de corriente de acuerdo al nivel de pH que se encuentre en el medio ambiente.

El sensor de pH permite una rápida solución para diseños de bajo costo sin que se sacrifique la operatividad del diseño, además de ser un sistema embebido ya que el sensor consta de una sonda de pH, que es un elemento pasivo que detecta una pequeña corriente eléctrica generada por la actividad de los iones de Hidrógeno.



Figura 3. Sensor de Potencial de Hidrógeno (pH) 4502C

Fuente: Orgone Tecnología. (s.f).

<https://www.orgontec.com/product-page/sensor-de-ph-con-m%C3%B3dulo-ph-4502c>

Tabla 3.

Características Técnicas del 4502C

ESPECIFICACIONES	
Alimentación	5.00V
Consumo	5-10mA
Rango de medición	0-14 pH
Temperatura de medición	0-80 °C
Precisión	± 0.1pH (25 °C)
Tiempo de respuesta	≤ 5s
Sonda de pH con conector BNC	
Controlador pH 2.0 (3 pines)	
Ajuste de ganancia	
Indicador LED	

Fuente: Elaboración propia basada en Orgone (s.f). <https://www.orgontec.com/product-page/sensor-de-ph-con-m%C3%B3dulo-ph-4502c>

4.1.7. Temperatura.

La temperatura es un factor abiótico que regula de procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. Antes de discutir la naturaleza de dichas interacciones, se considera necesario iniciar la presentación con una distinción entre los conceptos de temperatura y calor. La distinción entre estos dos conceptos es a menudo confusa, llevándonos a intercambiarlos erróneamente. El término calor implica energía transferida desde un cuerpo o sistema hacia su ambiente inmediato o viceversa. El flujo de energía procede siempre de un área de mayor concentración a un área de menor concentración, en conformidad con la segunda ley de termodinámica. Por otro lado, la temperatura es un parámetro que nos revela que existe un contraste o gradiente de energía que provoca la transferencia de calor.

4.1.8. Potencial de Hidrógeno (pH).

El pH es definido como $-\log[H^+]$; es el factor de intensidad de la acidez, el principio básico de la medida de pH electrométrica es la determinación de la actividad de los iones hidronio por medidas potenciométricas usando un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia. La fuerza electromotriz (FEM) producida en el sistema del electrodo de vidrio varía linealmente con el pH, esta relación lineal se describe trazando fem contra el pH de diferentes soluciones amortiguadoras. El pH de la muestra se determina por extrapolación.

4.1.9. Oxígeno disuelto.

Los peces como todo ser viviente necesitan del oxígeno para vivir, estos captan el oxígeno disuelto en el agua mediante las branquias, el mismo que es transferido a la sangre, luego llega al corazón y este lo bombea al torrente sanguíneo, como la crianza se realiza a grandes densidades es recomendable que la cantidad de oxígeno no sea menor a 5.5 mg/l. (60% de saturación de oxígeno) en los momentos de máximo consumo en el cultivo, ya que de lo contrario los peces van a presentar signos de asfixia. Es importante mencionar que la cantidad de oxígeno disuelto captado por el pez en el agua está influenciada por la fluctuación de la temperatura del agua, presión atmosférica y sales disueltas que contenga el agua (a mayor temperatura menos cantidad de oxígeno, a menor presión atmosférica menor cantidad de oxígeno). (FONDEPES, 2014).

4.1.10. XBee.

Los módulos XBee son dispositivos utilizados para enviar y recibir datos de forma inalámbrica valiéndose del protocolo IEEE 802.15.4, los cuales pueden funcionar dentro de una topología de red punto a punto, estrella, malla, árbol y mixtas, a través del uso de tres elementos como son: el Coordinador encargado de formar la red estableciendo el canal de comunicaciones; Router encargado de crear nodos de red y establece la mejor ruta para enrutar los paquetes de información; finalmente el End Device no tiene la capacidad de enrutar paquetes, trabajando siempre bajo la interacción de su nodo padre y su función principal es transmitir los datos de origen (Faludi, 2010).

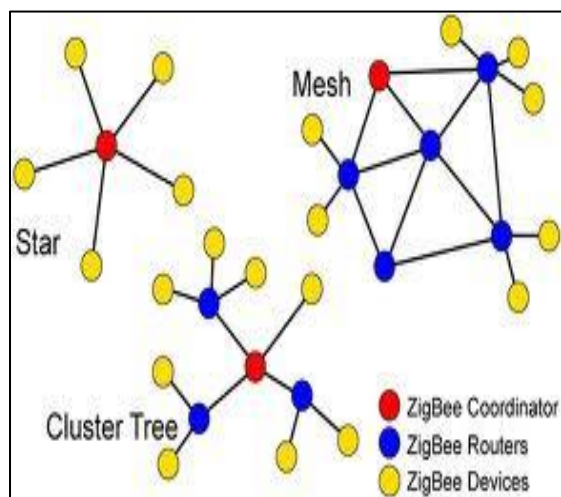


Figura 4. Arquitectura Básica de una Red XBee

Fuente: Aprendiendo Arduino. (s.f).

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/16/zigbeexbee/>

4.1.11. Calidad del agua.

La calidad del agua es el conjunto de características físicas como la temperatura (T °C), químicas como potencial de hidrógeno (pH) y oxígeno disuelto (DO) y biológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especie biótica o cualquier necesidad humana o propósito. (Rivera Herrera Y Yopez Aroca, 2015).

4.2. Estado del Arte

Autores como (Sung et al., 2014) monitoreo el oxígeno disuelto en piscifactorías empleando un A/D y 8051 y tecnología ZigBee para la supervisión automatizada del entorno de acuicultura en estas, recogiendo en una plataforma remota en tiempo real la información ambiental agrícola.

En (Simbeye Y Yang, 2014) detectaron y controlaron los parámetros de la calidad del agua de oxígeno, temperatura y pH, mediante STM32F103, Zigbee y GPRS transmitiendo la información mediante mensajes GSM. Así mismo, (Esther Y López, 2015) emplearon un Arduino mega y un módulo GSM monitorearon los tres parámetros descritos anteriormente, con la particularidad de que la información fue visualizada en una interfaz gráfica empleando una página WEB.

Por otra parte, (Lopez Plazas Y Cubillos Zamudio, 2016) censaron el pH utilizando una sonda HI 1230B, la temperatura con un DS18B20 y el nivel del agua empleando un HC-SR04 en un acuario, realizando un sistema de control sobre el nivel del agua. Finalmente, hicieron la visualización del sistema de control para ello emplearon una interfaz gráfica HTML con el apoyo de una Raspberry Pi, como dispositivo de interconexión entre el hardware y el software.

En (Africa et al., 2017) realizaron una prueba de laboratorio empleando dos tanques con distinta solución de pH y establecieron las correlaciones entre el oxígeno contra la temperatura y el pH contra la temperatura, realizando una circulación controlada del agua desde el tanque uno hasta el tanque dos, para ello emplearon dos sondas de pH ubicadas estratégicamente el tanque dos y un electrodo de oxígeno, el sistema fue controlado localmente desde un Arduino mega.

(Burbano Ordoñez, 2017) censó el pH utilizando un pH-metro de bolsillo marca Kelilong, la temperatura mediante un DS18B20 y la conductividad en dos ríos, cuyo aporte realizado fue la extracción del sensor de pH y el acondicionamiento de todo el circuito en una tarjeta impresa, la comunicación de los datos la hizo por medio de dos dispositivos Lora RN2903 logrando una distancia de 367 metros con línea de vista y una interfaz gráfica de usuario en Java.

Según (Chico Y Ok, 2017) mediante el empleo del IoT fue posible Realizar monitoreo remoto de la calidad del agua (pH - Temperatura) en el cultivo de peces, de igual forma,

se diseñó una interfaz gráfica de visualización al igual que mensajes de texto, para el desarrollo de lo anterior, fue necesario incorporar un microcontrolador PIC24, modulo GPRS y módulos ZigBee.

(Hernández et al., 2017) mediante el uso de las redes neuronales artificiales creó un indicador de la calidad del agua, mismo que permite establecer relación entre la dinámica de los parámetros del ecosistema y diferentes estados para el cultivo de la especie (excelente, bueno, regular y deficiente), fueron tenidos en cuenta cuatro parámetros medioambientales debido a su importancia en el hábitat tales como: temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto y salinidad.

(Contreras et al., 2018) se fundamenta en desarrollar un sistema de monitoreo remoto de la calidad del agua basado en IoT a bajo costo, usando hardware y software abierto. El sistema está diseñado a partir del kit de desarrollo embebido Node MCU usado en modo sleep para ahorrar energía, el cual es capaz de tomar lecturas de variables meteorológicas tales como: Luz solar, Humedad relativa y Temperatura del aire y variables físico-químicas del agua, tales como: pH, Oxígeno Disuelto (OD), Temperatura y Nivel del agua. Todo ello con el propósito de conocer la calidad del agua. Además, transmite las lecturas de forma inalámbrica por medio de una red wifi (802.11 b/g/n) a una estación de supervisión y monitoreo. La estación es una aplicación web que muestra cada variable en tiempo real y grafica las tendencias de cada una.

(Jesús, 2018) diseña e implementa un equipo de monitoreo automatizado, que incluye sensores (termistores), cuya función es medir los parámetros de calidad del agua (pH, temperatura y conductividad), los mismos que se pueden visualizar en una interfaz gráfica de usuario (GUI), que automáticamente serán enviados de manera remota y en tiempo real a cualquier dispositivo electrónico (PC y dispositivos móviles, entre otros), mediante la implementación de una tarjeta sim900.

(Maulana et al., 2018) desarrollaron un dispositivo electrónico de monitoreo remoto de la calidad del agua, adicional a ello airear el cultivo, principalmente en las horas de la noche, el módulo consta de un Arduino Mega, XBee pro, Módem GPRS / GSM, sensor de temperatura DS18B20 y una LCD que permite visualización de los datos adquiridos. Por otro lado, los datos recolectados a través de los sensores de medición en cada cultivo se pueden ver en línea a través del sitio web (usando una computadora portátil, PC u otros dispositivos móviles).

(García Quintero et al., 2018) La red inteligente del IoT en la acuicultura se viene aplicando para el monitoreo de sustancias presentes en el agua, con el objetivo de mantener parámetros ideales que no afecten la calidad del agua y la supervivencia y desarrollo de las especies producidas. Martínez (2013) afirma que el IoT, es la primera evolución real del internet, ya que da lugar a la revolución de aplicaciones que permiten interconectar personas, cosas, cosas con cosas, etc., crea la necesidad de analizar y distribuir gran cantidad de datos, los cuales se almacenan en dispositivos y que posteriormente se convierte en información.

(Flores Mollo Y Aracena Pizarro, 2018) desarrolló un sistema de monitoreo con acceso remoto de las condiciones del agua de los estanques y del ambiente de un criadero de camarones. El software entrega herramientas que permiten al usuario visualizar datos del ambiente a través del tiempo, con el fin de analizar el comportamiento y prevenir condiciones críticas del medio acuático en el que vive el camarón de río. Para el desarrollo del instrumento se integró el módulo de comunicación inalámbrica XBee y microcontrolador Arduino.

(Electricista, 2019) diseñaron un programa automático en el software LOGO Soft Comfort V8.2, con la finalidad de que se encargue de la toma de datos de las variables físico-químicas del agua tales como; temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, amonio, de igual forma, se procese de la información obtenida de los sensores y genere una respuesta automatizada para el control de dichas variables. En este proceso se emplearon módulos PLC.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. Fases del proyecto

Para el desarrollo de los objetivos propuestos se formuló una metodología integrada por 4 fases, a saber:

Figura 5. Fases del proyecto

Fuente: Elaboración propia

5.1.1. Identificación de técnicas artesanales para la medición de variables fisicoquímicas:

Con esta fase se identifican las diferentes técnicas y herramientas empleadas por los piscicultores, que les permiten conocer el estado de las variables fisicoquímicas del agua en criaderos de Tilapia en estanque de tierra, para que a partir de esta información se comience a determinar las acciones adecuadas mediante la generación de una matriz de recomendaciones construida por expertos en el tema. Como instrumento para la recolección de la información se empleó una encuesta, la cual se logró aplicar a ocho piscicultores vía telefónica y se encuentra adjunta en el anexo A.

5.1.2. Elección y acondicionamiento de la instrumentación electrónica:

Se establece la instrumentación electrónica necesaria con el fin de dar cumplimiento al objetivo específico propuesto, para ello es necesario hacer una búsqueda de sensores e instrumentación electrónica que permita hacer la medición de las variables fisicoquímicas de interés, revisando las hojas de datos de los fabricantes para saber cuál va a ser la precisión y sensibilidad de las medidas, el voltaje, corriente y potencia de operación, el tipo de señal de salida del transductor para poder definir el acondicionamiento y hardware adicional a emplear. Así mismo, se estimará el costo de esta instrumentación y se realizará una tabla de comparaciones entre al menos tres sensores para cada variable con el fin de elegir los que más se adaptan a la necesidad del proyecto.

5.1.3. Protocolo de comunicación:

En esta fase se debe identificar un adecuado protocolo de comunicación teniendo en cuenta que este debe garantizar y optimizar el envío de los datos entre dos o más puntos de un sistema de comunicación, permitiendo que exista una comunicación entre ellas

para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. Teniendo en cuenta las características de distancia entre el cultivo de Tilapia y el lugar de residencia o trabajo del piscicultor (estación de monitoreo), es necesario establecer una tecnología que permita conectar los dos puntos a una distancia aproximada de 1Km.

5.1.4. Software para el Firmware Arduino

Se desarrolla el firmware de la placa base, que permite la integración de los diferentes componentes garantizando la comunicación entre dos o más puntos la cual es transmitida a través de módulos XBee. Este cumple un papel muy importante al momento de teniendo en cuenta que permite cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware.

5.1.5. Integración del prototipo

Se integran todos los siguientes módulos:

- Sensor de Potencial de Hidrógeno (pH) 4502C.
- Sensor de oxígeno disuelto 426-SEN0237-A.
- Sensor de temperatura DS18B20.
- Modulo XBEE de 2,4Ghz.
- placa de desarrollo Arduino Uno.

5.1.6. Pruebas y análisis de resultados

Se llevan a cabo pruebas de funcionamiento de la instrumentación seleccionada y se compara en laboratorio la precisión de los datos frente a instrumentos certificados. Por otra parte, se prueba la cobertura del radioenlace entre los módulos de transmisión (XBee) y el envío de la información por la red WLAN; que incluyen pruebas de verificación de comunicaciones, de operatividad y de medición. Así mismo, se realiza el análisis de los resultados obtenidos.

5.2. Cronograma de actividades

Tabla 4.
Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES				
ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
Establecer normas y reglas de trabajo.	X			
Diligenciamiento de formatos para presentación del proyecto.	X			
Investigación, recolección de información para el desarrollo del proyecto.	X			
Identificar las diferentes técnicas utilizadas actualmente por los piscicultores, para la medición de las variables fisicoquímicas en criaderos de Tilapia en estanques de tierra.	X			
Seleccionar y acondicionar la instrumentación electrónica requerida, para la medición de temperatura, PH y oxígeno en criaderos de Tilapia.		X		
Definir el protocolo de comunicaciones a emplear para el monitoreo remoto de la calidad del agua.		X		
Desarrollo de planos electrónicos, manufactura de partes (tarjetas impresas, chasis, cableado) y ensamble de los módulos.			X	
Pruebas de campo.			X	
Sustentación y entrega del proyecto.				X

Fuente: Elaboración propia

5.3. Tipo de investigación

Para este proyecto se empleará una investigación de tipo correlacional con enfoque mixto, iniciando con una encuesta que recolecte datos en campo mediante estadística descriptiva y una lista de chequeo, que defina los parámetros más importantes para el desarrollo, con el fin de establecer la instrumentación electrónica a emplear. Por otra parte, desde el enfoque cualitativo, se observarán las técnicas artesanales empleadas por los piscicultores en sus cultivos y, a partir de los resultados, se alimentará el dispositivo que permitirá monitorear de forma remota las variables del agua, temperatura, oxígeno y pH.

Se selecciona este tipo de enfoque, ya que el análisis de resultados se realiza a hechos concretos y se llevan a cabo mediciones científicas, a través de la recolección de datos de tipo numérico y descriptivos.

El alcance descriptivo “Busca especificar propiedades y características portantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) y luego se muestran las características del prototipo para probar que su funcionamiento es correcto.

El diseño de la investigación es de tipo experimental ya que: “Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Se selecciona este diseño, debido a que en este proyecto se llevan a cabo pruebas de funcionamiento, y se determina el comportamiento de diversas variables a través de experimentos.

6.RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. Identificación de técnicas artesanales para la medición de variables fisicoquímicas

Como resultados del trabajo hecho para la recolección de información se logró obtener los siguientes resultados con base en la encuesta realizada correspondiente al Anexo A. Encuesta de caracterización aplicada a piscicultores de Tilapia.

Que, el 62,5% de los piscicultores tiene un solo estanque para Tilapia, el 12,5% tiene dos estanques, otro 12,5% cuatro estanques y el 12,5 final cuenta con diez estanques para Tilapia; los cuales en promedio ochenta y dos metros cuadrados y, en promedio por estanque mil ciento ochenta peces.

De los ocho piscicultores el 75% consideró que la calidad del agua si afecta la producción de la Tilapia, y un 25% no lo considera. El 50% de los piscicultores no verifica la calidad del agua en sus criaderos un 25% lo realiza de forma semanal y un 25% lo realiza a diario. El 75% no emplea instrumentos para medir la Temperatura el Oxígeno o el pH, y solo un 25% si emplea instrumentos. Del 50% de los piscicultores que miden las variables fisicoquímicas el 50% mide pH y Oxígeno, el 25% Temperatura; uno de los instrumentos utilizados es el Oxímetro y otros de forma manual, el costo del instrumento utilizado se encuentra en el rango de uno y dos millones de pesos colombianos.

AL consultarles a los piscicultores con que tecnologías de comunicación y/o equipos contaba en su lugar de residencia o trabajo el 62.5% indicó contar con smartphone, el 12,5% con internet satelital, otro 12,5% con celular básico y un 12,5 no cuenta con tecnología. A la pregunta “A qué distancia se encuentra el cultivo de la vivienda el 50% manifestó estar entre cien y quinientos metros, y el otro 50% restante a menos de cien metros, con un 37,5% sin línea de vista entre los dos puntos”.

A la pregunta “Le gustaría implementar un sistema electrónico para monitorear las variables fisicoquímicas del cultivo” el 75% manifestó que, Si el 25% restante manifestó que no, contando con la voluntad de un 62,5% de los piscicultores de permitir la instalación en su cultivo como parte del estudio. Finalmente, un 75% está dispuesto a invertir menos de quinientos mil pesos en el dispositivo y un 25% entre quinientos mil y un millón de pesos.

Con lo anterior, se logra identificar que más del 50% de los piscicultores encuestados no cuentan con herramientas tecnológicas que les permitan optimizar sus procesos de monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua y se evidencia una gran falencia en este sector productivo. Finalmente, el grupo de trabajo no identifica dentro de las ocho respuestas el uso de alguna técnica artesanales para la medición de variables fisicoquímicas por parte de los piscicultores.

Dado a que no fue posible identificar las técnicas artesanales para la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua, empleando el instrumento anterior se acude a realizar la revisión de literatura disponible en línea para encontrar algunos métodos empleados, encontrando que, en (FAO, n.d.) recomiendan que los piscicultores utilicen papel indicador de pH el cual cambia parcialmente su color con respecto al valor del pH del agua, y este se debe comparar frente a un mostrario de colores donde se indican los valores de acuerdo con la tonalidad; también se pueden adquirir kits químicos para el análisis del agua y para usarlos se debe tomar una muestra de agua en un recipiente limpio y agregar unas gotas de esta solución, las cuales alterarán el color de la muestra de agua según su correspondiente valor de pH y se debe verificar contra un mostrario de colores que trae la solución.

Sin embargo, las anteriores técnicas no son precisas en el valor real, si no que, aproximan a una escala determinada; por lo que finalmente la opción más recomendada es el uso de instrumentos electrónicos medidores de pH los cuales garantizarán una lectura más precisa de esta variable fisicoquímica.

Por otra parte, (FAO, n.d.) recomienda encalar (agregar cal) a los cultivos de peces para controlar los niveles de pH, con base en los siguientes valores: Si el pH es menor a 5.5 es obligatorio el encalado, entre 5.5 y 6.5 necesario, entre 6.5 y 8.5 eventualmente para aumentar la alcalinidad del cultivo, y si supera los 8.5 no aplicar el encalado ya que es peligroso. La anterior técnica trae como beneficios el aumento del pH, liberación de más dióxido de carbono, aumento en el contenido de calcio y la neutralización de sustancias tóxicas.

Otra de las variables de vital importancia en la piscicultura es la temperatura, ya que de acuerdo con (FAO, n.d.) la temperatura del cuerpo de los peces es aproximadamente la misma del agua y las dos temperaturas (pez y estanque) están directamente relacionadas, de tal modo que si el estanque se calienta la temperatura corporal del pez aumenta, pero si el estanque se enfría la temperatura corporal del pez baja, lo cual implica en la reducción de su crecimiento, disminuyendo la absorción de alimentos

aumentando la probabilidad de infecciones y enfermedades. Por otra parte, si la temperatura es alta habrá menos oxígeno disuelto en el agua, por lo tanto, los peces no podrán respirar, además se afectan otros organismos acuáticos como el plancton, los vegetales y los animales que son parte del alimento que los peces consumen.

Por lo anterior, ellos recomiendan emplear un termómetro simple como instrumento de medición para la temperatura colocando el termómetro a una profundidad aproximada de 15 a 20 centímetros, y pasado un tiempo se lee el valor de la variable, si se dificulta tomar la medida, es recomendable obtener una muestra del agua y medir sobre esta el valor de la variable; esto se debe hacer por lo menos dos veces al día para garantizar un correcto manejo del estanque, la primera medida se debe realizar al amanecer para conocer el valor mínimo, la segunda medida poco después del medio día para conocer el valor máximo y así llevar un registro del cultivo. Es importante resaltar que en cuanto más grande sea el estanque, más estable es la temperatura media, y entre más pequeño, ocurren cambios más drásticos de temperatura.

La última variable de interés es el oxígeno disuelto (OD) que es esencial para la respiración de la mayoría de los seres vivos, y es necesario para la desegregación de la materia orgánica en el proceso de descomposición, para medir esta variable (FAO, n.d.) recomienda emplear métodos químicos por medio de kits sencillos especializados o el uso de métodos eléctricos mediante dispositivos de medición de oxígenos los cuales son costosos pero permiten medir el OD directamente en el agua a cualquier profundidad.

Así mismo es importante medir simultáneamente el OD con la temperatura, por lo anterior, se recomienda hacerlo dos veces al día al igual que la temperatura, siendo su unidad de medida miligramos por litro o partes por millón.

Para un adecuado control de la temperatura y el oxígeno (FAO, n.d.) recomienda técnicas de aireación con fuentes mecánicas o naturales mediante la circulación constante del agua, aumentando la altura desde la cual cae el agua, aumentando el ancho del caudal en contacto con el aire y la pulverización del agua en finas gotas.

Tradicionalmente, la medición de la concentración de oxígeno disuelto se realiza a través de una inspección visual y olfativa del agua, donde de observarse agua turbia o aroma a putrefacción eran indicativos de baja concentración (FAO, 2010).

6.2. Elección y acondicionamiento de la instrumentación electrónica

6.2.1. Sensor de pH – 4502C

Teniendo en cuenta que el proyecto busca brindar una solución a bajo costo, se eligió el sensor de pH – 4502C con base en la relación costo precisión la cual es de ± 0.1 pH frente al EC-201C que es de ± 0.2 pH.

Tabla 5.

Comparación de sensores comerciales para pH

Referencia del sensor	Especificaciones técnicas	Costo
pH – 4502C	Voltaje de alimentación: 5 ± 0.2 V Corriente de trabajo: 5 – 10 mA Consumo máximo de potencia: 50 mW Rango de detección de pH: 0 - 14 Rango de detección de T: 0 - 80 °C Tiempo de respuesta: 5 Segundos Tiempo de estabilidad: 60 Segundos Precisión: ± 0.1 pH a (25°C) Temperatura de trabajo: -10 a 60 °C Salida de señal analógica de tensión Sensor genérico	\$ 104.000 https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-476992638-sensor-de-ph-para-arduino- JM
PH meter SKU: SEN0161	Voltaje de funcionamiento: 5 VDC Rango de medición pH: 0 - 14 Temperatura de trabajo: 0 - 60 °C Exactitud: ± 0.1 pH (25°C) Tiempo de respuesta: 60 Seg Ganancia ajustada por potenciómetro Sensor tipo industrial	\$332.000 https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-454531558-sensor-de-ph-analogico-con-electrodo-industrial-para-arduino- JM#position=14Ytype=itemYtracking_id=d05c01d1-8fda-4707-9c10-8c6b2e475d9e
Sensor de pH EC- 201 C	Rango de medición de pH: 0.00 ~ 14.00 Punto cero: 7 ± 0.5 PH Error de álcali: ± 0.2 PH Porcentaje teórico de pendiente: =98.5% Tiempo de respuesta: = 60 segundos Temperatura de funcionamiento: 0 – 60 °C Salida digital Sensor genérico	\$ 104.500 https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-487569054-sensor-detector-de-ph-sonda-electrodo-liquido- JM

Fuente: Elaboración propia

Acondicionamiento del sensor de pH

- **Calibración de la sonda de pH**

- Llevar las muestras y las soluciones Buffer a la misma temperatura.
- Antes de usar, remover el electrodo de la solución de almacenamiento, enjuagar, secar con un paño suave, colocar la solución Buffer pH 4,00 y seleccionar el punto isopotencial.
- Remover el electrodo del primer Buffer, enjuagar con agua destilada, secar y sumergir en el segundo Buffer pH 7,00.
- Remover el electrodo del segundo Buffer, enjuagar con agua destilada, secar y sumergir en el tercer Buffer pH 10.

La salida del electrodo de pH está dada en milivoltios y la relación entre el voltaje y el valor de pH a una temperatura de 25°C, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6.
Relación pH Vs Voltaje en el electrodo

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Fuente: DFRobot (s.f). SEN0169. https://wiki.dfrobot.com/Analog_pH_Meter_Pro_SKU_SEN0169

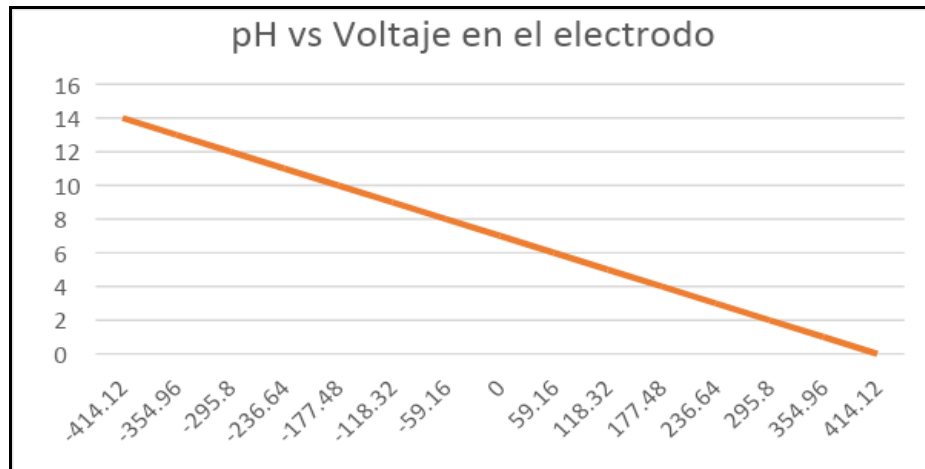


Figura 6. pH Vs Voltaje en el electrodo
Fuente: Elaboración propia

Con base en la gráfica 1, aplicando la ecuación de la recta se determina que la relación de pH Vs el voltaje en el electrodo está dada por la ecuación 01.

$$pH = -0,00169 V_{electrodo(mv)} + 7 \quad ec.(1)$$

Funcionamiento de la sonda de pH utilizando el software Proteus.

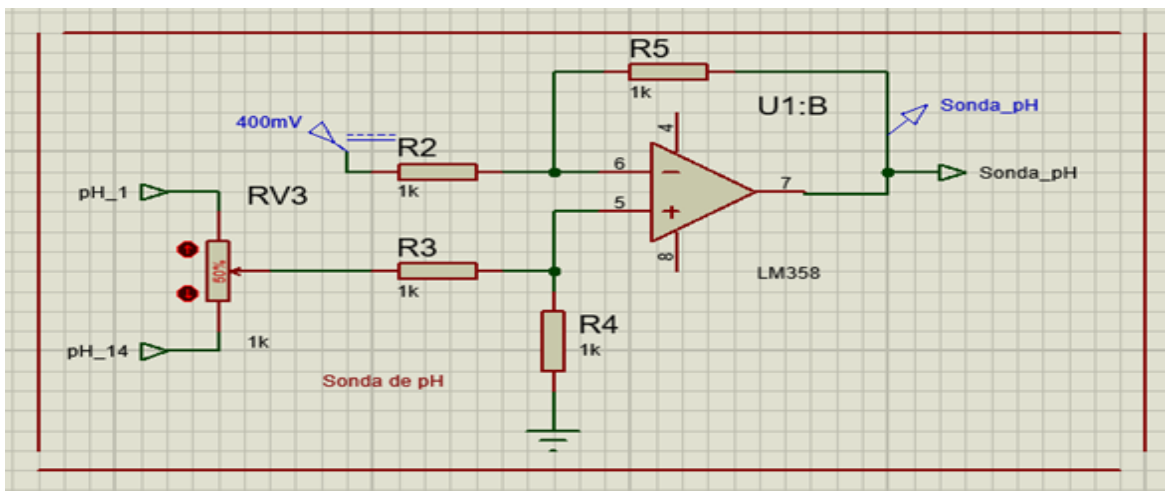


Figura 7. Circuito equivalente para el funcionamiento de la sonda de pH
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la variación de voltaje en el electrodo para la medida de 0 a 14 pH es de -414,12 a 414,12 mV, es indispensable acondicionar la resolución del electrodo antes de ingresar al microcontrolador, debido a que estos no soportan voltajes negativos.

Tabla 7.

Variación de voltaje en el electrodo

Voltaje en el electrodo (mV)	Voltaje acondicionado (mV)
-414,12	1000
414,12	4000

Fuente: Elaboración propia

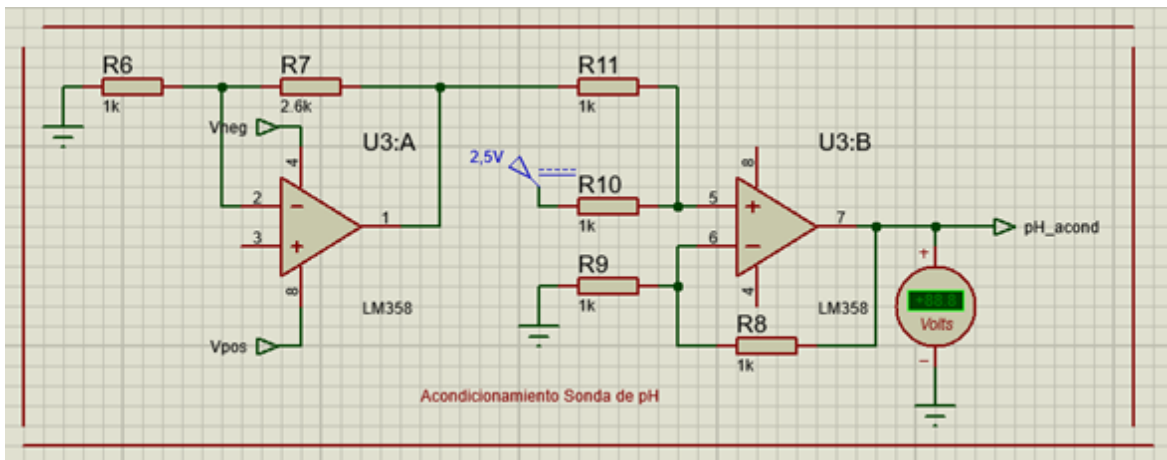


Figura 8. Circuito de acondicionamiento para el sensor de pH

Fuente: Elaboración propia

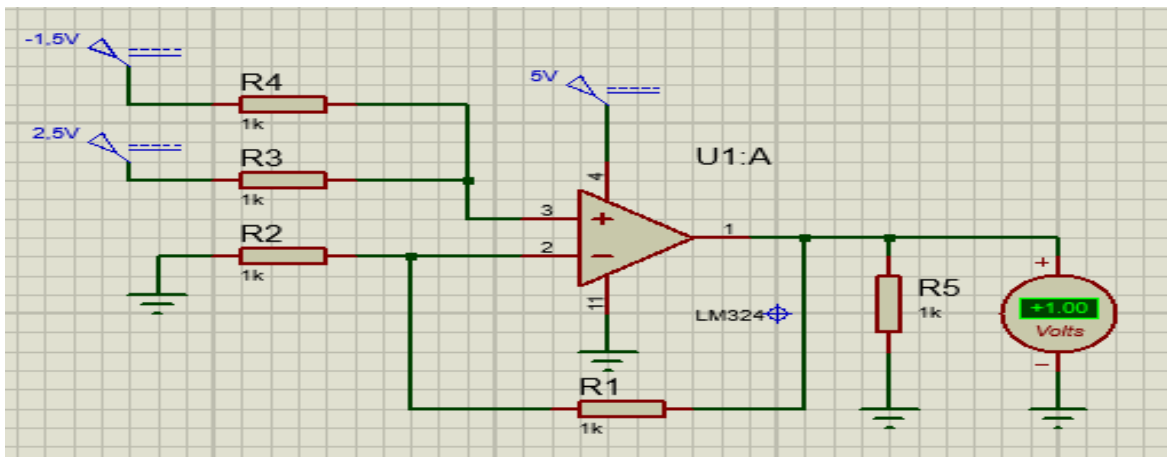


Figura 9. Prueba del acondicionamiento del sensor de pH en punto de -414,12mV

Fuente: Elaboración propia

Si

$$V_{electrodo(mv)} = 414,12$$

Entonces

$$V_{acondicionamiento(mv)} = 3,62 * (414,12mV) + 2500mV = 4000mV = 4 \quad ec.(2)$$

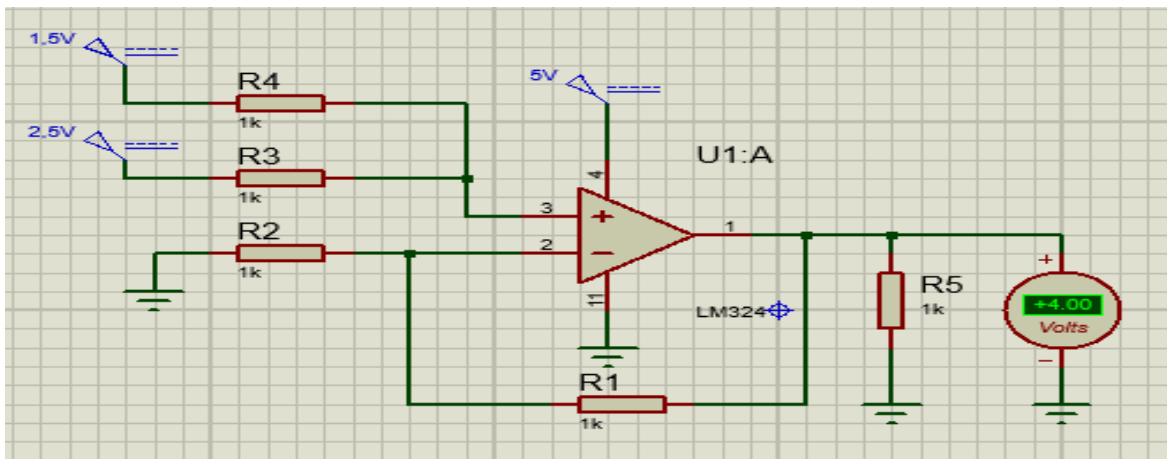


Figura 10. Prueba del acondicionamiento del sensor de pH en punto de 414,12mV

Fuente: Elaboración propia

6.2.2. Sensor de oxígeno 426-SEN0237-A

Teniendo en cuenta los equipos de medición de oxígeno consultados, se logra llegar a las siguientes conclusiones:

- Es necesario un equipo de medición con el cual se puedan adquirir los datos de voltaje generados por el sensor, para luego enviarlos a la interface de usuario como datos en mg/L, para lo cual no sería válido un equipo que arroje los datos de partes por millón en una pantalla digital (mg/L), de igual forma se consultaron diversos equipos, evidenciando algunos de bajo precio al igual que, de baja calidad (Baja Exactitud, en el orden +/- 0.3 mg/L), otros equipos de excelente calidad a precios muy elevados. Ver tabla 7.
- La razón por la cual se eligió el sensor Mouser No 426-SEN0237-A, está relacionado con su funcionalidad y bajo costo en el mercado.

Calibración, acondicionamiento y obtención de los valores de oxígeno a partir de los valores de voltaje.

- Para un sensor nuevo de oxígeno disuelto, debe agregarse 0.5 mol/L de solución de NaOH en la tapa del sensor, y luego enroscar de forma vertical, para evitar que se generen burbujas y el derrame de la solución.
- Es importante que la tapa no esté totalmente llena con la solución de NaOH, debido a que se puede presentar derrame del líquido al momento de enroscarla en la sonda.
- Si la cantidad de solución es mínima, la tapa se llenará de burbujas, se recomienda llenar aproximadamente 2/3 partes de la tapa.
- Es recomendable sellar la solución después de cada uso con el fin de evitar que el CO₂ del aire altere la solución.

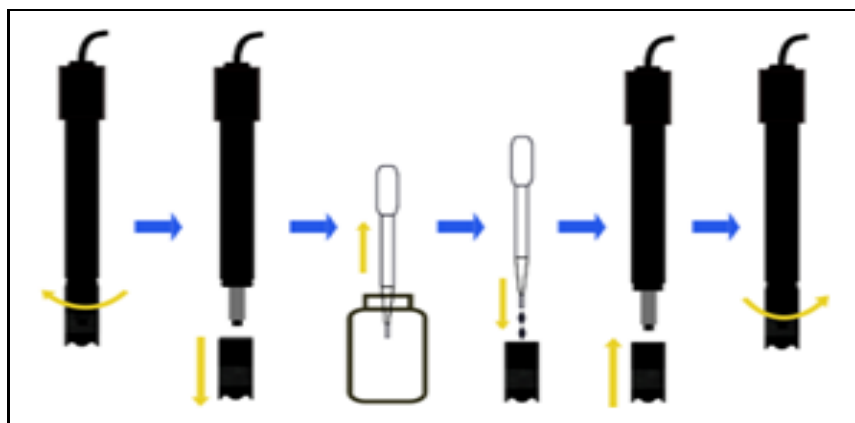


Figura 11. Uso de la solución de NaOH

Fuente: DFRobot. (s.f). <https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/File:AddSolution2.png>

Calibración de la Sonda de oxígeno

La sonda necesita ser calibrada para obtener datos exactos de los valores que esta arroja, normalmente se utilizan dos tipos de calibración tales como; de punto sencillo y de dos puntos.

- **Punto sencillo:** Utilizando saturación de oxígeno disuelto para una temperatura determinada o fija, aplicable solo cuando las temperaturas son muy estables.

Dos puntos: Calibra el oxígeno disuelto saturado en diferentes temperaturas, y se pueden calcular compensaciones de temperatura, cuando la temperatura cambie según la tabla 8. Es importante tener en cuenta las variaciones de temperatura para poder calcular las partes por millón de oxígeno (ppm) o miligramos por litro (mg/L), ya que son variables altamente correlacionadas e inversamente proporcionales.

Tabla 9.
Relación entre la temperatura y el OD, con saturación alta de oxígeno

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

Fuente: DFrobot (s.f). Gravity: Analog Dissolved Oxygen Sensor / Meter Kit For Arduino
<https://www.dfrobot.com/product-1628.html>

Teniendo en cuenta las condiciones reales en que serán tomadas las mediciones de oxígeno serán dinámicas en temperatura, y teniendo en cuenta que se utilizará un sensor de temperatura, se opta por escoger la calibración de dos puntos, con el fin de dar exactitud y confiabilidad en la entrega de los datos de oxígeno disuelto; es necesario indicar que también se utilizará las mediciones del sensor de temperatura como variable de entrada al algoritmo de acondicionamiento de señal.

Procedimiento de calibración

- Inicialmente se preparan dos soluciones de agua purificada; una de estas es refrigerada, la segunda se calienta sin exceder los 40 grados centígrados, de otra manera la Sonoda puede sufrir daños.
- Se inyecta aire en las dos soluciones con un inflador durante aproximadamente 10 minutos, con el fin de saturar el oxígeno disuelto en el agua.

- Se sumerge el sensor dentro de los recipientes después de que las burbujas desaparezcan.
- Se sumerge el sensor en los recipientes, se agita suavemente evitando la creación de burbujas.
- Una vez la salida del voltaje esté estable, se debe tomar los datos de temperatura y voltaje.

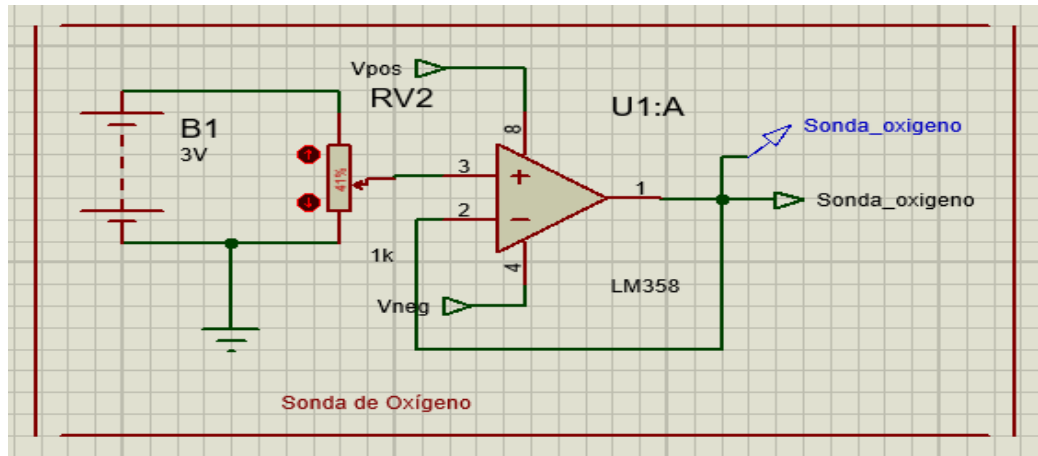


Figura 12. Circuito equivalente para el funcionamiento de la sonda de pH
Fuente: Elaboración propia

6.2.3. Sensor de Temperatura

El sensor DS18B20, permite ser sumergido en agua, a diferencia del sensor LM35 el cual no brinda esta propiedad; por otra parte, el sensor de temperatura MLX90614 al contar con tecnología infrarroja, al momento de ubicarlo en el agua, no existe una correcta reflexión de la señal, lo cual altera la medida.

Calibración del sensor de temperatura

El método de calibración escogido para el sensor DS18B20 consiste en el método de dos puntos descrito por (Shadadpuri Goplani, awan, 2017). Suficiente para afinar los sensores, asumiendo que no tienen ningún tipo de defecto de fábrica. Se fundamenta en el conocimiento de la magnitud a medir para dos estados distintos, para realizar el procedimiento se usan dos elementos conocidos: la temperatura del agua en su punto de ebullición, y el punto triple de la misma (momento en el cual coexisten en equilibrio el estado sólido, líquido y gaseoso. Para ambas pruebas se utiliza agua destilada. (Shadadpuri Goplani, awan, 2017).

El proceso consiste en lo siguiente:

1. Se fijan los valores de referencia: para el triple punto del agua, la temperatura ideal que se debe observar es de 0.01°C . La temperatura de ebullición del agua depende de la presión atmosférica y por lo tanto de la altura con respecto al nivel del mar de donde nos encontremos. Para la zona donde nos encontramos (Bogotá) la temperatura teórica de ebullición es de 92°C . Se refieren estos valores como:
 - T° referencia baja $\Rightarrow (0.01^{\circ}\text{C})$.
 - T° referencia alta $\Rightarrow (92^{\circ}\text{C})$.
2. Se procede a medir con el sensor los valores de temperatura presentes en ambos estados. Estos valores son llamados de la siguiente manera:
 - T° medida baja \Rightarrow Para la medición en el triple punto.
 - T° medida alta \Rightarrow Para la medición en el momento de ebullición.
3. Una vez se tienen los valores de referencia y los valores medidos, se ajusta el sensor para nuevas mediciones de temperatura. Para esto se añaden dos valores:
 - T° medida \Rightarrow Valor recogido por el sensor en una medición dentro de su rango de acción.
 - T° corregida \Rightarrow Valor corregido mediante la siguiente ecuación:

Medición en el punto triple del agua

Para obtener este equilibrio, se toma un recipiente y se llena de cubos de hielo, luego, se vierte agua fría hasta completar el 80 % del mismo, tras esto, se vuelve a colocar cubos de hielo encima. Es muy importante que, durante todo el proceso de medición, siempre haya hielo en la parte inferior del recipiente, evitando que se descongele.

Teniendo en cuenta que el sensor es sumergible en líquidos se procede a realizar la medición, antes de realizar cualquier medición, es importante dejar que el sensor vuelva a temperatura ambiente.

Medición en estado de ebullición

Se coloca en un recipiente agua destilada a hervir. Una vez adquirido el punto de ebullición, se introduce el sensor y se mantiene de esta manera el tiempo necesario hasta que la medida es estable.

Resultados de medición

1. Resultados para la medición en el triple punto del agua: se recogen todos los datos mediante el software MATLAB, y con una sencilla función, se genera una gráfica. Como criterio para seleccionar un valor, se decide aplicar la moda estadística (valor más repetido dentro de un conjunto de valores) desde el primer valor recogido tras descender de 0.5°C hasta el primer valor superior a 0.5°C tras comenzar su recuperación a temperatura ambiente (retirada del sensor). El resultado obtenido será el valor de T° medida baja.
2. Resultados para la medición en el punto de ebullición: se recogen los datos en MATLAB y se procede a realizar una gráfica. Como valor representativo de la medida, se elige el más repetido (moda estadística). El resultado obtenido es la T° medida alta.

En caso de que los valores medidos en ambos entornos para la calibración en dos puntos (T° medida baja y T° medida alta), están dentro del margen de error que proporciona el fabricante ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ para el rango -10°C a 80°C y $\pm 1^{\circ}\text{C}$ para el resto) con respecto a sus valores teóricos (T° referencia baja y T° referencia alta), no se debe ajustar el valor de salida del sensor.

6.2.4. Placa de desarrollo Arduino Uno

La placa de desarrollo Arduino Uno, permite una rápida conexión con los sensores, y fácil adquisición en el mercado, es una placa que utiliza un microcontrolador ATMEGA 328p cuyo empaquetado es discreto, permite ser desmontada a la hora de hacer un circuito de fabricación propia, sin embargo, no hay ningún problema en migrar el algoritmo a una placa de Arduino Nano, Arduino Mega (sobredimensionado en puertos para la aplicación) o Arduino Leonardo.

Las características más relevantes de esta placa de desarrollo son:

Microcontrolador: ATmega328

Voltaje de operación: 5V

Conector externo de voltaje de: 7-12V

Puertos digitales de entrada y salida (I/O): 14 de los cuales 6 pueden ser usados como salida PWM, ideales para el control de actuadores (en el proyecto se utilizaron 6).

Entradas Analógicas: 6 (en el proyecto se utilizaron 2).

Memoria Flash: 32 KB (ATmega328).

SRAM: 2 KB (ATmega328).

EEPROM: 1 KB (ATmega328) ideal para almacenar los datos del sistema si se requiere, sin necesidad de memorias externas.

Velocidad del reloj de operación: 16 MHz

Terminales digitales de entrada y salida serial – TX/RX: La placa dispone de dos pines seriales, sin embargo, permite crear más puertos de comunicación serial, los cuales permiten la transferencia de información con otros dispositivos.

6.3. Protocolo de comunicación

Teniendo en cuenta las características de distancia entre el cultivo de Tilapia y el lugar de residencia o trabajo del piscicultor (estación de monitoreo), es necesario establecer una tecnología que permita conectar los dos puntos a una distancia aproximada de 1Km, por lo que se deben revisar tarjetas que permitan la comunicación con tecnología inalámbrica de área local (WLAN), para que los piscicultores puedan visualizar de forma remota los parámetros fisicoquímicos del agua, sin necesidad de incurrir en gastos por servicios de comunicación como internet y/o GSM ya que en la caracterización hecha por medio de la encuesta hubo un porcentaje de piscicultores que no contaban algún medio tecnológico de comunicación.

Por otra parte, había un alto porcentaje de piscicultores que contaban con Smart Phones a quienes les interesaba poder tener la visualización de los datos de su cultivo desde cualquier lugar, por lo que se estableció que el sistema contara con soporte IoT mediante el envío de información por redes de comunicación inalámbricas de área amplia, realizando la comunicación entre el dispositivo de visualización remota con un router con servicio a internet, a continuación, se presenta el esquema que garantiza una visualización remota en tiempo real a distancia aproximada de 1Km y visualización remota empleando IoT.

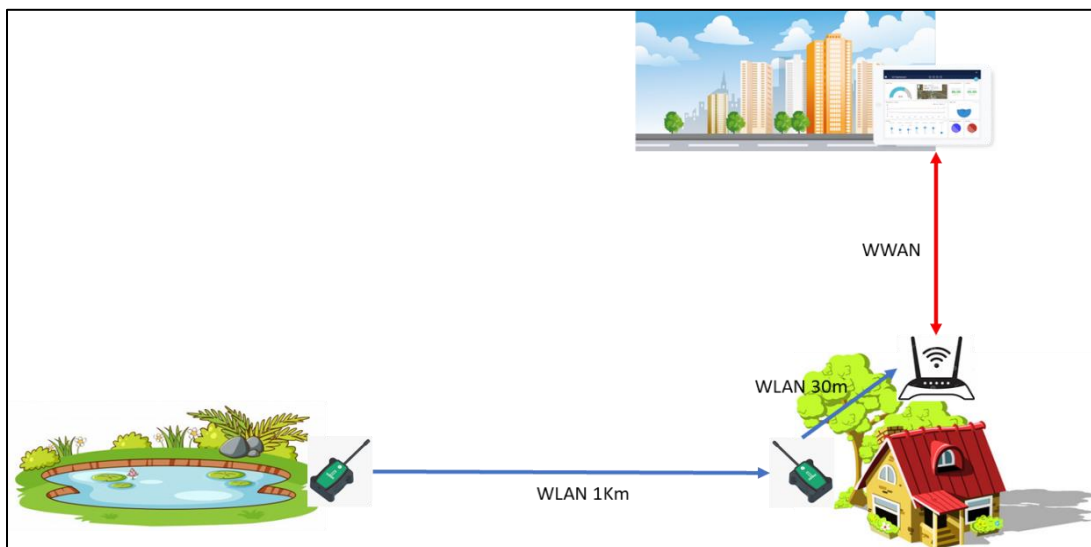


Figura 13. Diagrama de conexión para visualización remota en tiempo real empleando IoT

Fuente: Elaboración propia

6.3.1. Tarjeta de comunicación para red inalámbrica de área local WLAN

El módulo XBee es un módulo de comunicación sin cable fabricado por la empresa Digi International. Utiliza el protocolo de comunicación de radio ZigBee, basado en la norma IEEE 802.15.4, con una frecuencia de funcionamiento a 2,4 GHz. Es uno de los módulos más populares en este ámbito. El módulo XBee permite crear una red de objetos conectados entre ellos.

Existen múltiples productos XBee, pero solamente dos series, las series 1 y 2. Estas dos series son relativamente comparables a nivel de sus características, pero hay diferencias entre el número de puertos de ámbito operativo. Las dos series no son compatibles entre ellas y que será necesario adquirir la misma serie si se requiere que los módulos se comuniquen entre ellos. El módulo XBee tiene un bajo consumo, con solamente 50 mA, puede funcionar de 10 a 100 metros para módulos de serie 1 y 2, y hasta 1.000 metros para el módulo XBee Pro. Dispone de seis puertos de entrada analógica y ocho puertos de entrada-salida digital.

Tabla 10.

Comparación de tarjetas para comunicación de red inalámbrica de área local

Referencia del sensor	Especificaciones técnicas	Costo
Xbee S1 pro	Frecuencia de trabajo: 2.4 GHz Velocidad de datos (máx): 250.000b/s Técnica de modulación: DSSS Rango de alcance: Hasta 3200 metros Sensibilidad: -101 dBm Voltaje de la fuente: 2.7 V ~ 3.6 V Corriente – Recepción: 31 mA Corriente – Transmisión: 120 mA Interfaz de comunicación: SPI, UART Capacidad de memoria: 32kB Flash, 2kB RAM Tipo de montaje: Through Hole Temperatura de operación: -40°C ~ 85°C	\$ 178.500 COP https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-506122361-xbee-pro-antena-cable-1500m-JM#position=12Ysearch_layout=stackYtype=itemYtracking_id=b075f316-3def-49b8-8158-27baf4901a32 https://www.google.com/url?sa=tYrct=jYq=Yesrc=sYsource=webYcd=Yved=2ahUKEwj2rtDY9NfyAhW7VzABHUOrAOcQFnoECAgQAQYurl=https%3A%2F%2Fwww.digi.com%2Fresources%2Fdocumentation%2Fdigidocs%2Fpdfs%2F90000982.pdfYusg=AOvVaw3er5b3-y9zyiRTWENnmHIIn
Bluetooth hc-06	Referencia: HC06 Pines: 4 (RXD, TXD, GND, VCC) Versión bluetooth: 2.0 +EDR Frecuencia: 2.4Ghz Potencia: Clase 2 Puerto de comunicación: UART/USB Voltaje de operación 3.3V Color: azul	\$ 19.000 COP https://tienda.tdrobotica.co/bluetooth-celular-lora/72-bluetooth-modem-hc-05.html https://www.googleadservices.com/pagead/clk?sa=LYai=DChcSEWjdkaKG9tfyAhVT5

Dimensiones: 4.4 x 1.5 x 0.2 cm

Peso: 13 g

[YYKHWwNBH8YABAAGgJ2dQYohost=www.google.comYcid=CAASE-Rox4R6SBSK9jNqgPtEj4SFJ-oYsig=AOD64_19bRJUgS3dGg-2pKvp2y5jR5ga2QYqYadurlYved=2ahUKEwiPIJuG9tfyAhXpSTABHZUIBLsQ0Qx6BAgDEAM](https://www.google.com/search?q=ESP8266+ESP-01S&rlz=C31533370048605Ycurrency=COPYutm_medium=product_syncYutm_source=googleYutm_content=sag_organicYutm_campaign=sag_organicYutm_campaign=gs-2020-01-11Yutm_source=googleYutm_medium=smart_campaignYgclid=EAIAIQobChMI1pzA4ffX8gIVVdyGCh2sxxwV2EAQYBSABEgIFqD_BwE)

Referencia: ESP8266 ESP-01S
Voltaje de alimentación: 3.0~3.6V DC (recomendable 3.3V DC)
Memoria Flash: 1MB
Frecuencia de trabajo: 2.4GHz (2400 – 2484 MHz)
Protocolo Wifi: 802.11 b/g/n
Wifi: Direct (P2P), soft-AP, LNA, WPA/WPA2.
Protocolo integrado: TCP/IP
Potencia salida: +19.5dBm (en modo 802.11b)
Consumo < 1.0mW (standby), 240mA (max.)
Velocidad de transmisión paquetes: < 2ms
Pines digitales de salida: 2

Modulo
Wifi
ESP8266-
01s

\$ 9.500 COP

https://ferretronica.com/products/modulo-wifi-esp8266-01s?variant=31533370048605Ycurrency=COPYutm_medium=product_syncYutm_source=googleYutm_content=sag_organicYutm_campaign=sag_organicYutm_campaign=gs-2020-01-11Yutm_source=googleYutm_medium=smart_campaignYgclid=EAIAIQobChMI1pzA4ffX8gIVVdyGCh2sxxwV2EAQYBSABEgIFqD_BwE

https://www.google.com/url?sa=tYrct=jYq=Yesrc=sYsource=webYcd=Yved=2ahUKEwizhMeUdfyAhXnOzABHQINCV4QFnoECAIQAOYurl=https%3A%2F%2Fwww.tutos.eu%2Fvault%2F3506ESP8266_01S_Modul_Datenblatt.pdfYusg=AOvVaw0N6immM2-e-FZpy8pN5xrs

Uso del módulo RFM95 basado en SX1276
Voltaje de trabajo: 5V / 3.3V
~ 28mA (Promedio) @ + 20dBm transmisión continua
~ 8.4mA(Avg)@standby mode
~ 20mA (Promedio) @ modo de recepción, BW-500kHz
Temperatura de trabajo: - 20 - 70 °C
Interfaz: Grove - UART (RX, TX, VCC, GND)
Antena de cable simple o conector MHF para antena externa de alta ganancia
Frecuencia de trabajo: 868MHz / 433MHz
+ 20dBm 100 mW Potencia de salida Capacidad
Tamaño: 20 * 40mm
Rate: 0.3 kps ~ 50kps

LoRa Radio
433MHz

\$ 52.700 COP

<https://tienda.tdrobotica.co/categoria/1007-grove-lora-radio-433mhz.html>

<https://tienda.bricogeek.com/lora/1079-adafruit-rfm96w-lora-radio-433-mhz.html>

Fuente: Elaboración propia

Con base en las características técnicas de la tarjeta de comunicaciones XBee pro S1 y las coordenadas de uno de los cultivos de Tilapia, se realizaron los cálculos para un radio enlace siguiendo la ecuación de ganancias y pérdidas.

Ganancia total (G_T)= Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] ec.3

Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto (L_{ty}) = $32,4 + 20 * \log(d) + 20 * \log(f)$ ec.4

Señal recibida = Ganancia total – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto

Margen de escucha = Señal recibida – Sensibilidad_del_Rx

Tabla 11.

Datos Radio enlace con dispositivo XBee S1 pro

Datos Radio enlace con dispositivo Xbee S1 pro	Elementos del sistema	Valores
Distancia 1Km Frecuencia 2.4GHz	Potencia del transmisor PTx	18dBm
	Pérdidas en el conector del transmisor LcTx	0.5 dB
	Ganancia de la antena del Transmisor GTx	2 dBi
	Ganancia de la antena del Receptor GRx	2 dBi
	Pérdidas en el conector del receptor LcRx	0.5 dB
	Gancia Total del radio enlace	21 dBm
	Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre	100,004 dBm
	Señal Recibida	-79.004 dBm
	Sensibilidad del receptor SRx	-100 dB
	Margen de escucha	20,99 dBm

Fuente: Elaboración propia

Con base en el anterior ejercicio matemático se demuestra que la tarjeta de comunicaciones XBee S1 Pro permite la comunicación inalámbrica de área local a 1Km, ya que el margen de escucha es mayor que cero; además es una tecnología que permite ser escalable con la garantía de que se pueden incluir en el monitoreo remoto local más de un estanque para Tilapia.

Se llevó a cabo una simulación de conectividad de los sensores empleando el software Radio Mobile, teniendo en cuenta cada una de las características técnicas del terreno, tales como: inclinación, altura, entre otros, así mismo las variables requeridas por el radio enlace como, por ejemplo; altura de la antena, ganancia y pérdidas en decibeles.

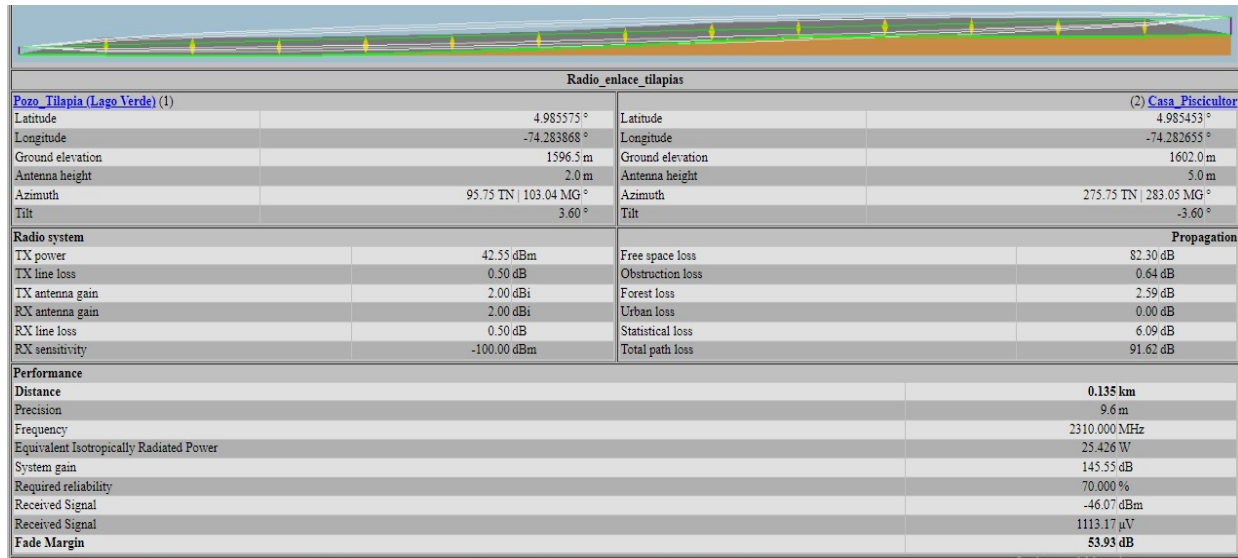


Figura 14. Simulación conectividad del enlace
Fuente: Elaboración propia

6.4. Software para el Firmware Arduino

El software de Arduino es un IDE, entorno de desarrollo integrado que ha sido empaquetado como un programa de aplicación; es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además, incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware. Trae como ventaja frente a otros compiladores la incorporación de la gestión de librerías y la gestión de placas.

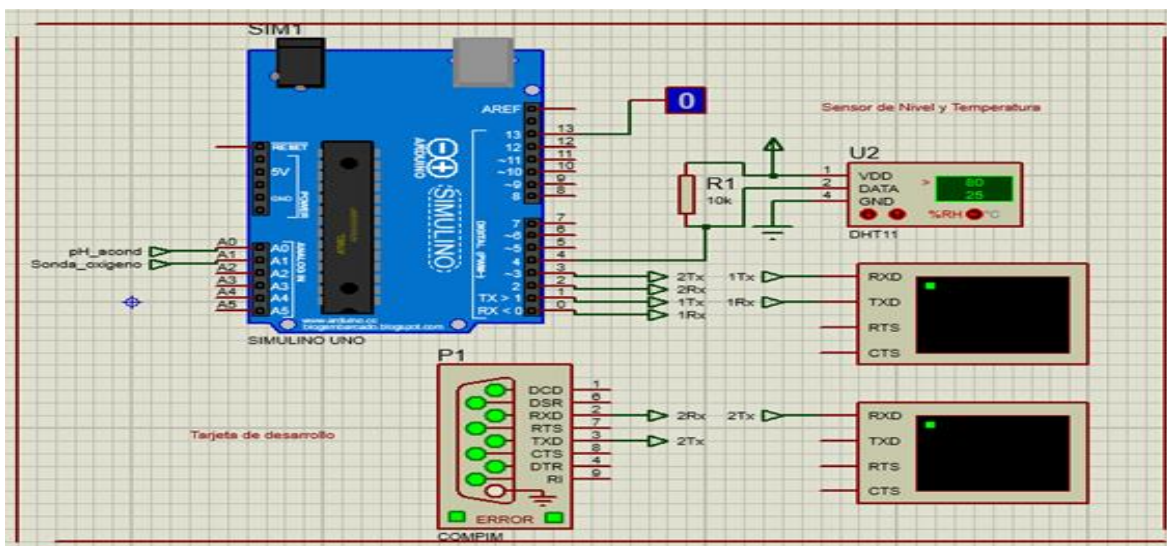


Figura 15. Placa de desarrollo y conexión a periféricos de comunicación externos
Fuente: Elaboración propia

6.5. Integración del prototipo

El dispositivo maestro se compone de un procesador ATMEGA 328 integrado en una placa Arduino nano encargado de recibir las señales de las sondas de pH, Oxígeno y Temperatura, los datos son procesados y pueden ser visualizados de forma local empleando conexión por RS232 o pueden ser enviados por un sistema de comunicación inalámbrico XBEE de 2.4GHz a 1Km con línea de vista o por mensaje de texto mediante el módulo GSM SIM800L.

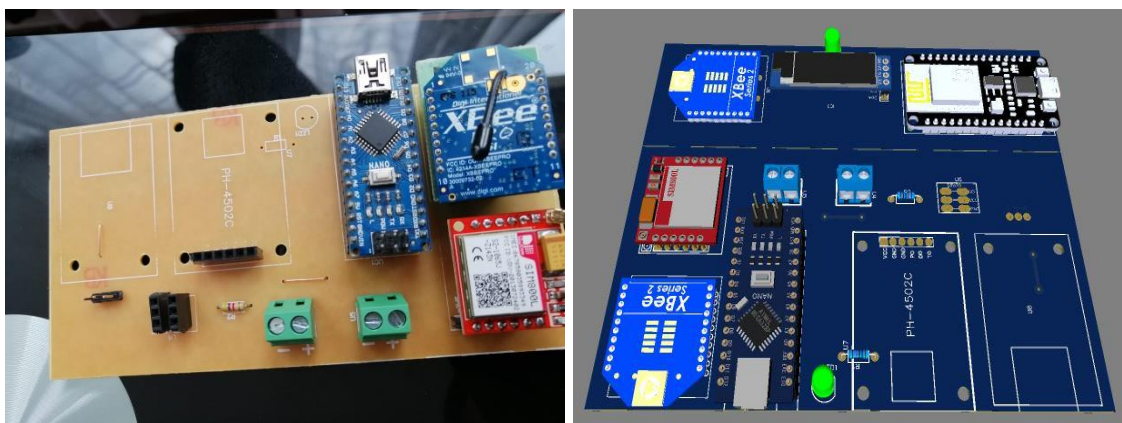


Figura 16. Integración módulos en tarjeta desarrollada del dispositivo maestro

Fuente: Elaboración propia

Cuando la sonda esté llena con la solución esta necesita ser calibrada. Antes de la calibración, el sensor debe conectarse como se indica en la figura 2. El sensor va al conector BNC de la tarjeta y luego va hacia la salida de la tarjeta, a la entrada analógica de la tarjeta principal (Puede ser un Arduino)

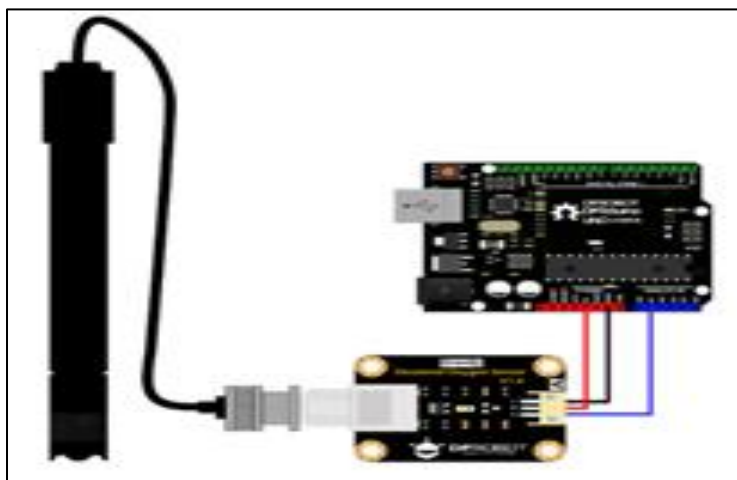


Figura 17. Diagrama de conexión sonda de oxígeno

Fuente: DFRobot. (2018).

https://wiki.dfrobot.com/File_DOapplication.png

La función principal del dispositivo esclavo es recibir la información del dispositivo maestro por medio del sistema de comunicación inalámbrico mediante XBEE de 2,4Ghz para que desde su vivienda el piscicultor pueda monitorear las condiciones del cultivo, quien lo puede hacer desde una pantalla LCD o desde una interfaz gráfica conectando el dispositivo a un computador por protocolo RS232. Adicionalmente el dispositivo esclavo cuenta con una tarjeta ESP8266 la cual permite subir los datos a un servidor de internet, para tener las señales disponibles desde cualquier parte utilizando tecnología IoT, el único requisito es que el piscicultor cuente con el servicio de internet en la casa.



Figura 18. Integración módulos en tarjeta desarrollada del dispositivo esclavo
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente a tener las tarjetas desarrolladas se diseñaron las cajas en SolidWorks, donde se instalaron para tener un equipo robusto para poder realizar las pruebas de campo. La caja fue hecha en acrílico y en el diseño se dejó un espacio para baterías con el fin de que pueda ser instalada en cualquier parte del estanque, no es resistente a inmersiones de agua, por lo cual debe ser instalada cuidadosamente evitando ser sumergida.



Figura 19. Dispositivo maestro instalado en la caja
Fuente: Elaboración propia



Figura 20. Dispositivo esclavo instalado en la caja
Fuente: Elaboración propia

6.6. Evaluación del sistema

6.4.1. Presentación del sistema en funcionamiento

El proyecto está establecido en diseño, sin embargo, el equipo de investigación decidió realizar un prototipo electrónico y con el equipo hacer recolección de datos en campo para cumplir con esta actividad, se tomó la instrumentación del objetivo 3 y se adquirieron sondas de pH, oxígeno y temperatura, adicional a ello un procesador ATMEGA 328, posteriormente se fabricaron las tarjetas electrónicas "PCB" empleando el software EASY EDA.

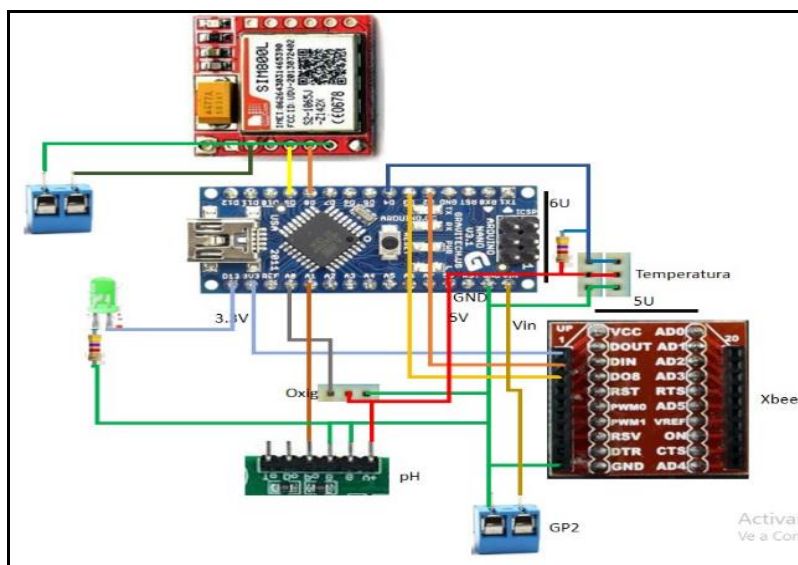


Figura 21. Dispositivo esclavo instalado en la caja
Fuente: Elaboración propia

Luego de haber hecho los dispositivos electrónicos, se procedió a realizar una mejora sobre la interfaz gráfica, la cual depende de estar conectada de forma local al dispositivo maestro o al dispositivo esclavo por puerto USB mediante protocolo de comunicación RS232.

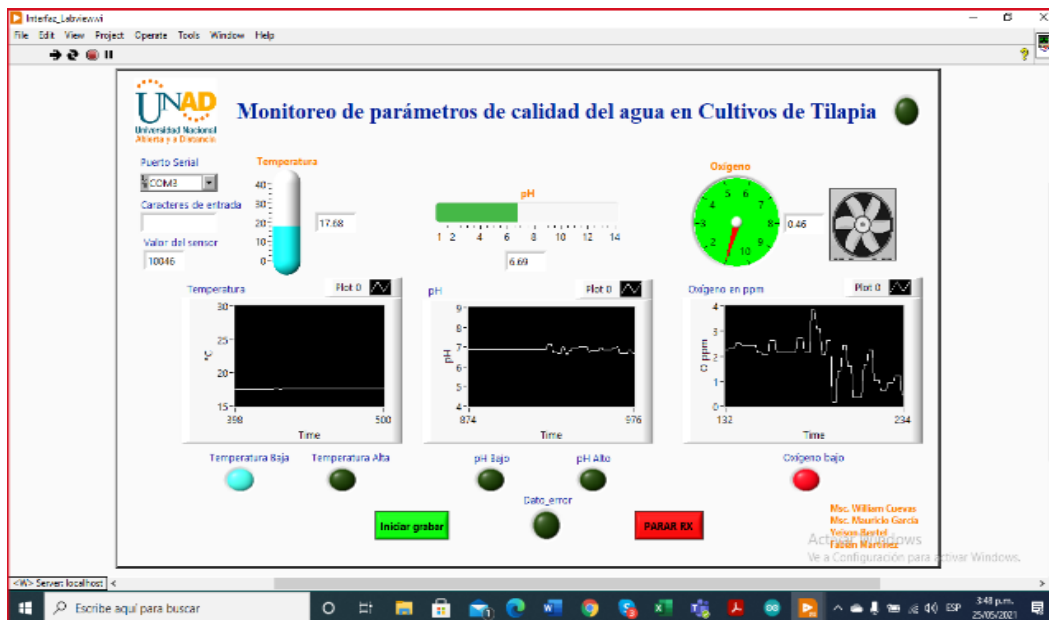


Figura 22. Interfaz gráfica local
Fuente: Elaboración propia

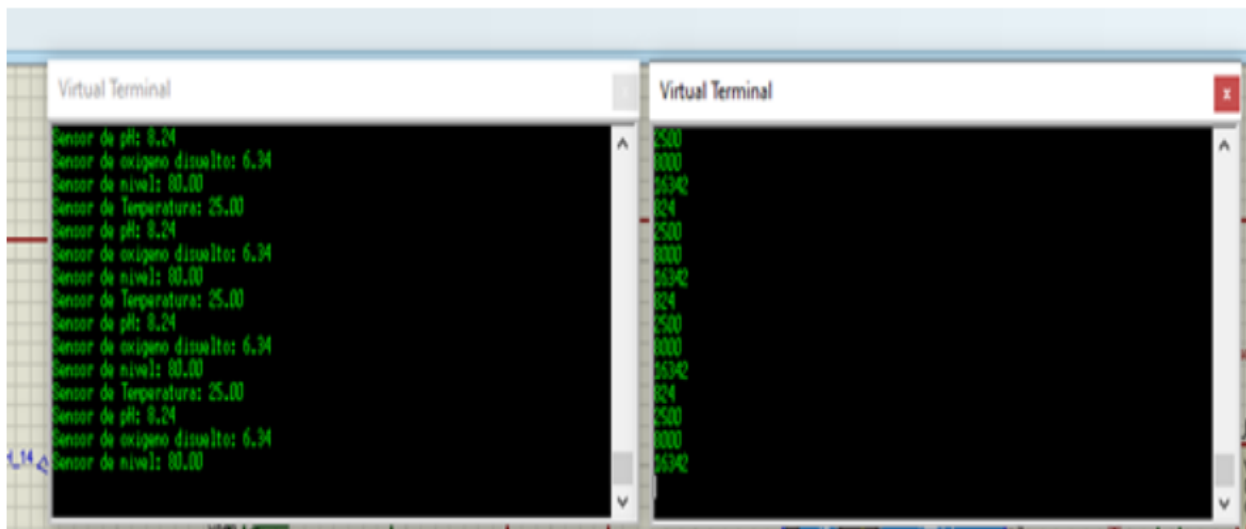


Figura 23. Pantallazo de los datos enviados desde Proteus por medio del puerto serial
Fuente: Elaboración propia

La calibración del punto cero del electrodo de oxígeno, se realizó con una solución acuosa de bisulfito de sodio al 40%, el cual actúa como secuestrante de oxígeno HI-7040L (<https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi-7040-solucion-oxigeno-disuelto>), la cual fue adquirida en un laboratorio de química por parte del equipo de investigación y cuya función es que al introducir el electrodo de oxígeno la medida debe ser 0 ppm.

Para realizar las mediciones fue necesario hacer una calibración previa de los electrodos de pH, tanto el utilizado para el proyecto como el del equipo certificado, para dicha calibración, se utilizaron soluciones de 4 y 7 pH, tomando dos puntos de calibración para los instrumentos y posteriormente si fueron utilizados en agua del acueducto como punto de referencia.

Para la calibración del sensor de oxígeno 426-SEN0237-A se realizó con una técnica de aire - agua saturada, donde por medio de una bomba de inflar bicicletas se saturó el agua con aire proveniente de esta (Probe Calibration, 2021). Para la calibración fue necesario contar con dos puntos de medida a partir de la temperatura, por lo que un recipiente tenía agua saturada a 33.25°C y la otra agua saturada a 18,12°C, teniendo los puntos de calibración en temperatura se midió el voltaje de salida en el electrodo arrojando 849mV y 625mV respectivamente, los datos fueron ingresados al algoritmo del procesador y con esto ya se puede saber la medida real de la sonda.

Tabla 13.

Valores de medición sonda del proyecto

Variable	Referencia Sonda proyecto	Referencia equipo Certificado	Medida Sonda Proyecto	Medida equipo Certificado	Error absoluto (Real-Exp)
Temperatura	DS18B20	HI-9124 con termocupla HI-7662	17.81	18.0	0.19
pH	pH – 4502C	HI-9124 electrodo 1230B con HI-	6.81	6.88	0.07
Oxígeno ppm	426-SEN0237-A	Solución HI-7040L	0.07	0.0	- 0.07

Fuente: Elaboración propia

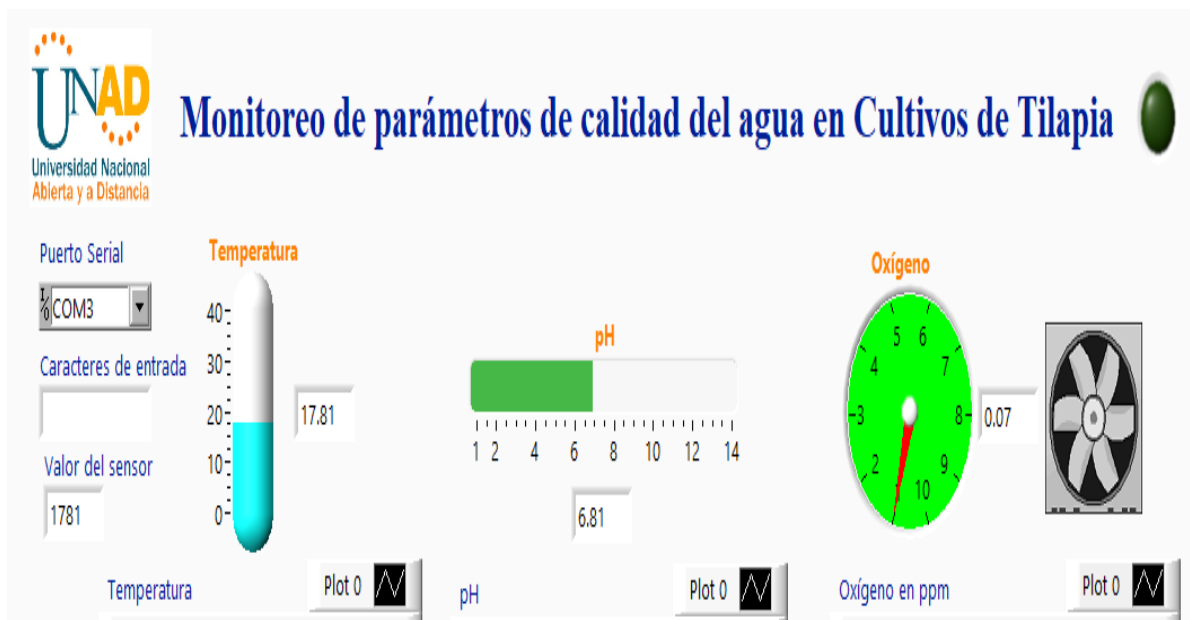


Figura 25. Medición hecha con la interfaz local durante la medición en laboratorio
Fuente: Elaboración propia

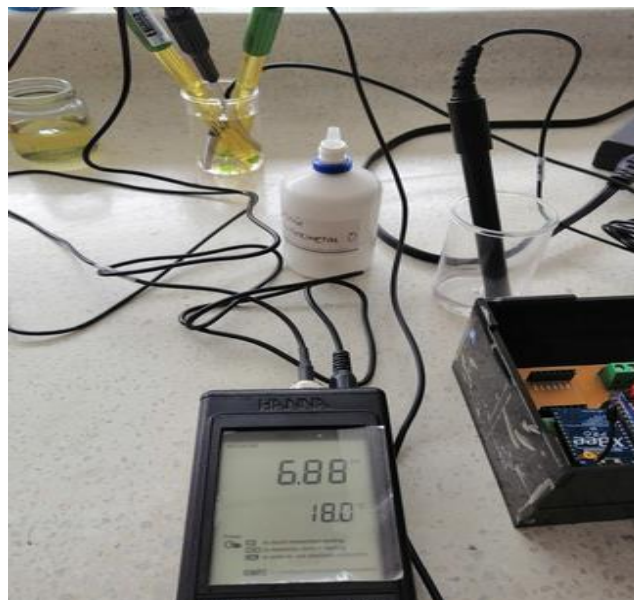


Figura 26. Medición hecha con el equipo certificado HI-9124
Fuente: Elaboración propia

De las mediciones hechas en el laboratorio se pudo comprobar que las sondas utilizadas para el proyecto están muy cerca de los valores que mide un equipo certificado o la solución de oxígeno 0, garantizando que las medidas que se realicen en campo estarán acordes y serán confiables, como ajuste al algoritmo se debe tomar datos en lapsos de tiempo no tan seguidos por lo que se estima que con 30 segundos cada medida es

suficiente y de esta forma no saturar los electrodos del proyecto, por otra parte, no es aconsejable mantener los electrodos todo el tiempo en el agua, se recomienda hacerles un cambio de solución al menos cada día y verificar su calibración, especialmente la sonda de pH y la sonda de oxígeno.

6.4.3 Pruebas de cobertura mediante aplicación WEB ThingSpeak

Como resultado adicional dado a que el proyecto hace parte de un PIE de la Universidad titulado “Diseño de un sistema electrónico de medición, procesamiento y diagnóstico de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra”, se realizaron dos interfaces gráficas de usuario las cuales fueron presentadas ante el Comité de Investigación de la Universidad para solicitud de aval y posteriormente hacer la solicitud ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor; los cuales se encuentran en el anexo C y D.

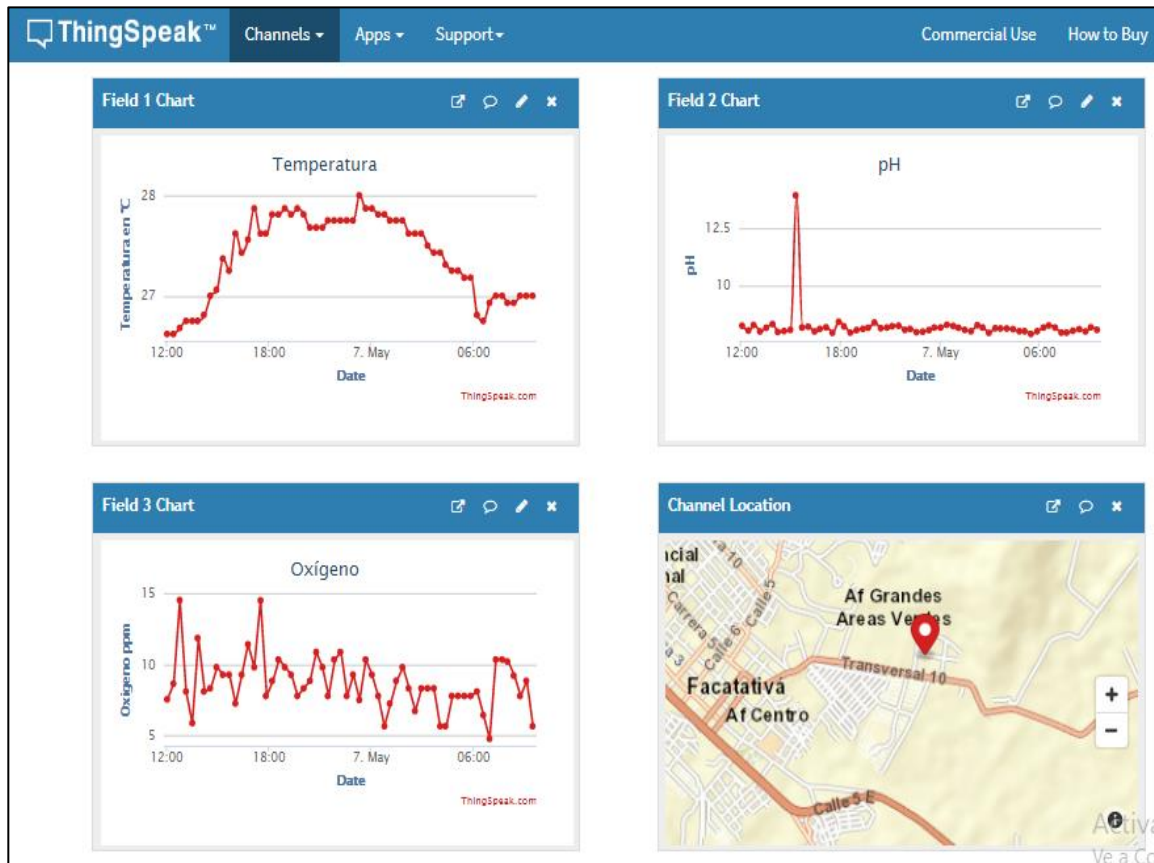


Figura 27. Visualización Interfaz gráfica Remota ThingSpeak

Fuente: Elaboración propia

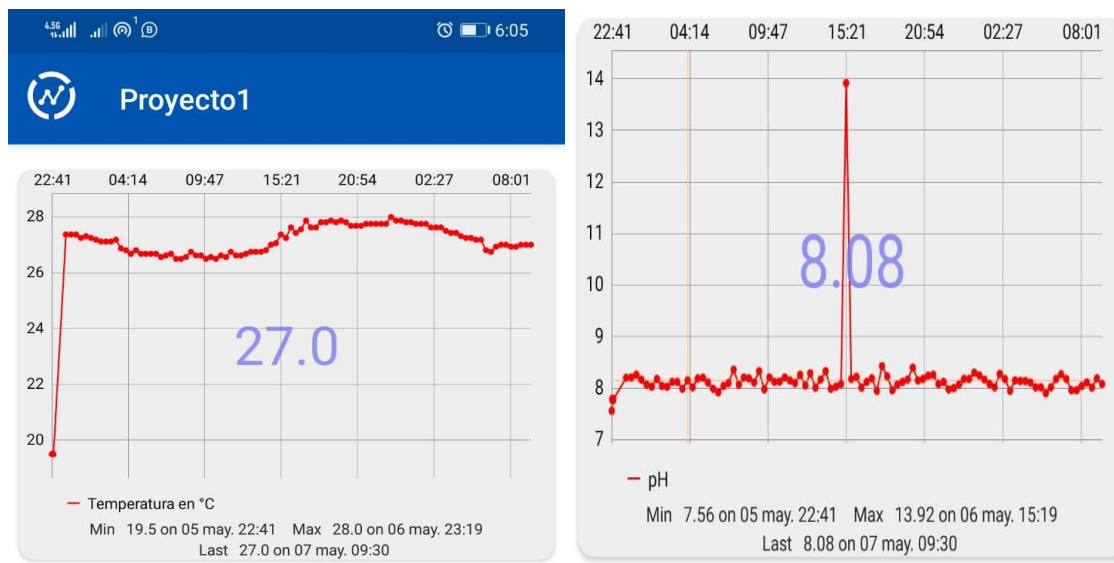


Figura 28. Visualización Interfaz gráfica ThingSpeak móvil

Fuente: Elaboración propia

6.7. Recursos

El presupuesto (Ver Tabla 14) detalla minuciosamente los costos de desarrollo del proyecto.

Tabla 14.
Presupuesto del Proyecto

ITEM	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Sensor de Oxígeno disuelto	1	833.000	833.000
Sensor de Temperatura	1	7.000	7.000
Sensor de pH	1	104.000	104.000
Placa base Arduino	1	55.000	55.000
Modulo XBee	2	179.000	358.000
PCB	2	43.000	86.000
Caja Integradora	2	17.000	34.000
LCD	1	12.000	8.000
Asesoría hora	40	20.000	800.000

Viáticos y pasajes	1	325.000	325.000
Total			2.610.000

Fuente: Elaboración propia

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.4. Conclusiones

- Se desarrolló un prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de las variables de temperatura, oxígeno y pH, para determinar la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de Tierra.
- Todos los componentes utilizados en el sistema se adaptaron de forma adecuada con un margen de error aproximado del 0.5%, consiguiendo un prototipo innovador y funcional para el sector de producción piscícola, con ajustes necesarios como el control de temperatura para contribuir en la disminución del índice de mortalidad que perjudica a la piscicultura.
- El sistema permite monitorear durante las 24 horas del día variables fisicoquímicas como temperatura, pH y oxígeno en tiempo real, así mismo poder ser visualizados a través de una interfaz gráfica ya sea en un computador, Tablet o celular smartphone.
- La propuesta tecnológica es posible desarrollarla, debido a su bajo costo y fácil instalación, lo cual la hace accesible para el sector piscícola. ya que con este dispositivo pueden monitorear las 3 variables a la vez, su costo es menor de la mitad que el promedio de equipos certificados.
- El sistema permite monitorear durante las 24 horas del día la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques en Tierra en tiempo real y tener un registro histórico del comportamiento del estanque.

6.5. Recomendaciones

Se recomienda el uso apropiado del dispositivo, para que tenga un buen funcionamiento, siguiendo el protocolo de pruebas que existe para su manejo. De la misma manera, se recomienda seguir trabajando en proyectos referentes al área de comunicaciones, con el fin de satisfacer las necesidades del entorno, aplicando los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones de la UNAD, en pro del desarrollo del país.

Para la implementación de este diseño se recomienda realizar instalaciones eléctricas en ubicaciones estratégicas para todas las piscinas de tilapias y poder colocar los equipos que se encargan de detectar la temperatura

Se recomienda realizar mantenimiento preventivo y correctivo a cada uno de los equipos que intervienen en el diseño, con el fin de mantener la continuidad del sistema.

Se recomienda continuar con el desarrollo y explotación de este proyecto a fin de automatizar acciones con el fin de controlar la calidad del agua.

BIBLIOGRAFÍA

AFRICA, Aaron Don., AGUILAR, Jeremy Czar Christian, LIM, Charles Martin., PACHECO, Paulo Arnel., Y RODRIN, Steven Edward, Automated aquaculture system that regulates Ph, temperature and ammonia. *HNICEM 2017 - 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management*, 2018-Janua, pag 1–6. disponible en : <https://doi.org/10.1109/HNICEM.2017.8269494>

BURBANO ORDÓÑEZ, Cristian Yamith .”Implementación de una red de sensores inalámbricos LPWAN mediante módulos LoRa para el monitoreo de la calidad del agua en 2 ríos.” Bogotá, 2017, 96p. Trabajo de grado en la modalidad de monografía (para optar por el título de: Ingeniero Electrónico). Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Ingeniería Ingeniería Electrónica disponible en :

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6433/1/BurbanoOrdoñezCristianYamith2017.pdf>

CONTRERAS, Cesar., MOLINA, José., OSMA Pedro, Zambrano, Daniel Construcción de un Sistema de Adquisición y Transmisión Remota de la Calidad del Agua Basado en el Internet de las Cosas (IoT) para la acuicultura. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 2018-July(November). disponible en : <https://doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.367>

CARRIÓN ,Heiser., GUERRERO, César diseño de un programa de control automatizado para la calidad del agua en el proceso acuícola de la tilapia en namballe – san Ignacio. Perú, julio, 2019, 56p. Trabajo de grado en la modalidad de monografía (para optar por el título de: profesional de ingeniero mecánico electricista). Universidad Nacional De Jaén Facultad De Ingeniería disponible en : [Carrión OHG Guerrero GME.pdf \(unj.edu.pe\)](#)

VERA, Jhoannes.,ROMERO, Mercedes Caracterización del Manejo de Desechos Hospitalarios Infecciosos a través de una Auditoría Ambiental inicial y Propuesta de un Modelo de Gestión para su segregación, transporte, almacenamiento y disposición final en el Hospital Teodoro Maldonado Carbo del IESS, Guayaquil,mayo,2012, 198p. Trabajo de grado en la modalidad de monografía

(Maestría en Sistema Integrados de Gestión de la Calidad, Ambiente y Seguridad).
Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. disponible en :
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3633/1/UPS-GT000348.pdf>

FLORES MOLLO, Susana., ARACENA PIZARRO, Diego, Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones. En: Revista Chilena de Ingeniería vol.26 Nov. 2018, pag 55–64. disponible en :
<https://doi.org/10.4067/s0718-33052018000500055>

GARCÍA QUINTERO, *Carmen Liceth.*, ROSADO GÓMEZ, *Alveiro Alonso.*, Y DURÁN CHINCHILLA, *Claudia Marcela* . Revision De La Aplicación Del Internet De Las Cosas En La Acuicultura. Revista Colombiana De Tecnologías de Avanzada ISSN: 1692-7257 - Volumen 1 – Número 31, 2018 pag. 152–159. disponible en :
<https://doi.org/10.24054/16927257.v31.n31.2018.2777>.

CARBAJAL HERNÁNDEZ, José Juan, SÁNCHEZ FERNÁNDEZ Luis, HERNÁNDEZ BAUTISTA, Ignacio, HERNÁNDEZ LÓPEZ, Jorge. Modelo basado en redes neuronales artificiales para la evaluación de la calidad del agua en sistemas de cultivo extensivo de camarón , Revista Tecnología y Ciencias Del Agua, Vol. 8 Núm. 5 septiembre-octubre 2017,pag. 71–89. disponible en: <https://doi.org/10.24850/tyca-2017-05-05>.

HERNÁNDEZ, Ismael, monitoreo automatizado de los parámetros de calidad del agua ph, temperatura y conductividad, Ciudad de México, julio, 2018, 166p. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias e Ingeniería Ambiental. Universidad autónoma metropolitana . disponible en http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6926/Monitoreo_automatizado_de_los_parametros_Hernandez_de_Jesus_I_2018.pdf?sequence=1

LOPEZ PLAZAS, Rodolfo, Y CUBILLOS ZAMUDIO, Dina Marcela, Diseño e implementacion de un sistema de monitoreo que permita la lectura de temperatura y pH y regule el nivel de agua de un acuario del laboratorio de agricultura del programa de zootecnia de la Univerisdad de Cundinamarca sede Fusagasuga. Fusagasugá, noviembre, 2016, 98p.,Trabajo de grado en la modalidad de monografía (para optar por el título de: profesional de Ingeniero Electrónico). universidad de Cundinamarca disponible en: <https://cutt.ly/kRr5QPD>

MAULANA, Yudi., WIRANTO, Goib., KURNIAWAN, Dayat., SYAMSU, Iqbal, Y MAHMUDIN, Dadin. Online monitoring of shrimp aquaculture in Bangka Island using wireless sensor network. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, Vol.8 No. 2,2018,pag. 358–364. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.2.2428>

RIVERA HERRERA, Diana Isabel Y YEPEZ AROCA, Eddy Antonio. Diseño e implementación de un prototipo para la medición de calidad del agua y control de la oxigenación en forma remota orientado a la producción acuícola. Guayaquil, Abril,2015, 104p.,Trabajo de grado (para optar por el título de: (Ingeniero De Sistemas y Ingeniero Electrónico). Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10328/1/UPS-GT001238.pdf>

SIMBEYE, Daudi., Y Yang Shi-Feng , Water quality monitoring and control for aquaculture based on wireless sensor networks. *Journal of Networks*, vol . 9, NO. 4, abril 2014 pag. 840–849. disponible en: <https://doi.org/10.4304/jnw.9.4.840-849>

SUNG, Wen-Tsai., CHEN, Jui-Ho, Y WANG, Hsi-Chun , (2014). Remote fish aquaculture monitoring system based on wireless transmission technology. *Proceedings, International Conference on Information Science, Electronics and Electrical Engineering, ISEEE 2014*, 1(57), pag. 540–544. disponible en: <https://doi.org/10.1109/InfoSEEE.2014.694817>

TOLENTINO, Lean Karlo., CHUA, Emeer John., AÑOVER, John Rey., CABRERA, Christia., HIZON, Chrystyn Avigail., MALLARI, Jasper Gabriel., MAMENTA, Jonas., QUIJANO, Jay Fel., VIRREY, Glenn., MADRIGAL, Gilfred Allen., Y FERNANDEZ, Edmon, IoT-based automated water monitoring and correcting modular device via LoRaWAN for aquaculture. *International Journal of Computing and Digital Systems*, vol . 10, No. 1, abril 2021 pag. 533–544. <https://doi.org/10.12785/IJCDS/100151>

ANEXOS

Anexo A. Encuesta de caracterización aplicada a piscicultores de Tilapia

28/8/2021

Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

La información contenida en este documento es confidencial y sólo puede ser utilizada para el proyecto académico "sistema electrónico de medición y monitoreo de forma remota, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en tierra, cuyo objetivo es desarrollar una herramienta electrónica para medir de forma remota la temperatura, oxígeno y pH". Éste material no tendrá fines de difusión, distribución, copia o beneficio comercial y está respaldado por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - CCAV Facatativá.

De acuerdo con lo previsto en la Ley 1581 de 2012 por medio de la cual se expidió el Régimen General de Protección de Datos Personales, y su Decreto reglamentario 1377 de 2013, autorizo expresamente a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia para que mis datos personales puedan ser utilizados de conformidad con la reglamentación vigente. Declaro haber leído la cláusula anterior, siendo el envío de sus datos la aceptación de la misma.

***Obligatorio**

1. Nombres y Apellidos *

2. Correo electrónico

3. Teléfono

Salta a la pregunta 4

1. Teniendo en cuenta las características de su cultivo de tilapia por favor indicar:

4. Número de estanques *

28/8/2021 Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

5. Área aproximada en metros cuadrados *

6. Número de peces por estanque *

7. Ubicación (municipio, departamento) *

Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

8. 2. Definiendo la calidad del agua como el control de las condiciones de temperatura, oxígeno disponible y pH adecuadas para la supervivencia de peces en cultivos de Tilapia. ¿Considera usted que la calidad del agua de sus criaderos afecta su producción de tilapia? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- No sabe

9. 3. ¿Con qué frecuencia verifica que la calidad del agua es la adecuada para sus criaderos? *

Marca solo un óvalo.

- Diariamente
- Semanalmente
- Quincenalmente
- No lo verifica Salta a la pregunta 15
- Otro: _____

Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

10. 4. ¿Emplea algún equipo o instrumento que le permita medir la temperatura, oxígeno o pH del agua en su cultivo de Tilapia? *

Marca solo un óvalo.

- Sí Salta a la pregunta 12
- No Salta a la pregunta 11

Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

11. ¿utiliza algún método convencional o tradicional (por observación)? , ¿cómo lo hace?

Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

28/8/2021 Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

12. 5. Por favor especifique cuál variable mide: (puede marcar una o varias) *

Selecciona todos los que correspondan.

Temperatura

pH

Oxígeno

Otro: _____

13. ¿Qué instrumentos o equipos utiliza para medir las variables anteriores?

14. 6. El costo de la herramienta para medir temperatura, pH y/o oxígeno, tuvo una inversión económica entre: *

Marca solo un óvalo.

Menos de 500 mil pesos colombianos

Entre 500 mil y 1 millón de pesos colombianos

Entre 1 millón y 2 millones de pesos colombianos

mas de 2 millones de pesos colombianos

Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

15. 7. ¿Actualmente cuenta con alguna de las siguientes tecnologías de comunicación y/o equipos en su lugar de residencia o trabajo?, puede elegir uno o varios *

Selecciona todos los que correspondan.

- Internet hogar.
- Internet satelital.
- Internet con datos móviles.
- Computador de escritorio.
- Computador portátil.
- Celular inteligente (SmartPhone).
- Celular básico (Llamadas y mensajes).
- Tablet.
- Ninguno de los anteriores.

16. 8. En promedio a qué distancia se encuentra el cultivo de su vivienda *

Marca solo un óvalo.

- A menos de 100 metros.
- Entre 100 metros y 500 metros.
- Entre 500 metros y 1 Kilómetro.
- Entre 1 Kilómetro y 5 Kilómetros.
- Más de 5 Kilómetros.

17. 9. ¿Existe o no línea de vista (se puede ver) entre su vivienda y el cultivo? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- No sabe

28/8/2021 Encuesta Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra

18. 10. ¿Le gustaría implementar un sistema electrónico que le permita monitorear permanentemente la temperatura, oxígeno y pH en su criadero? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 No sabe

19. 11. Si se desarrolla un dispositivo electrónico para el monitoreo remoto y en tiempo real de la temperatura, oxígeno y pH, ¿Permitiría la instalación del dispositivo en su cultivo de tilapia como parte del estudio? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 No sabe

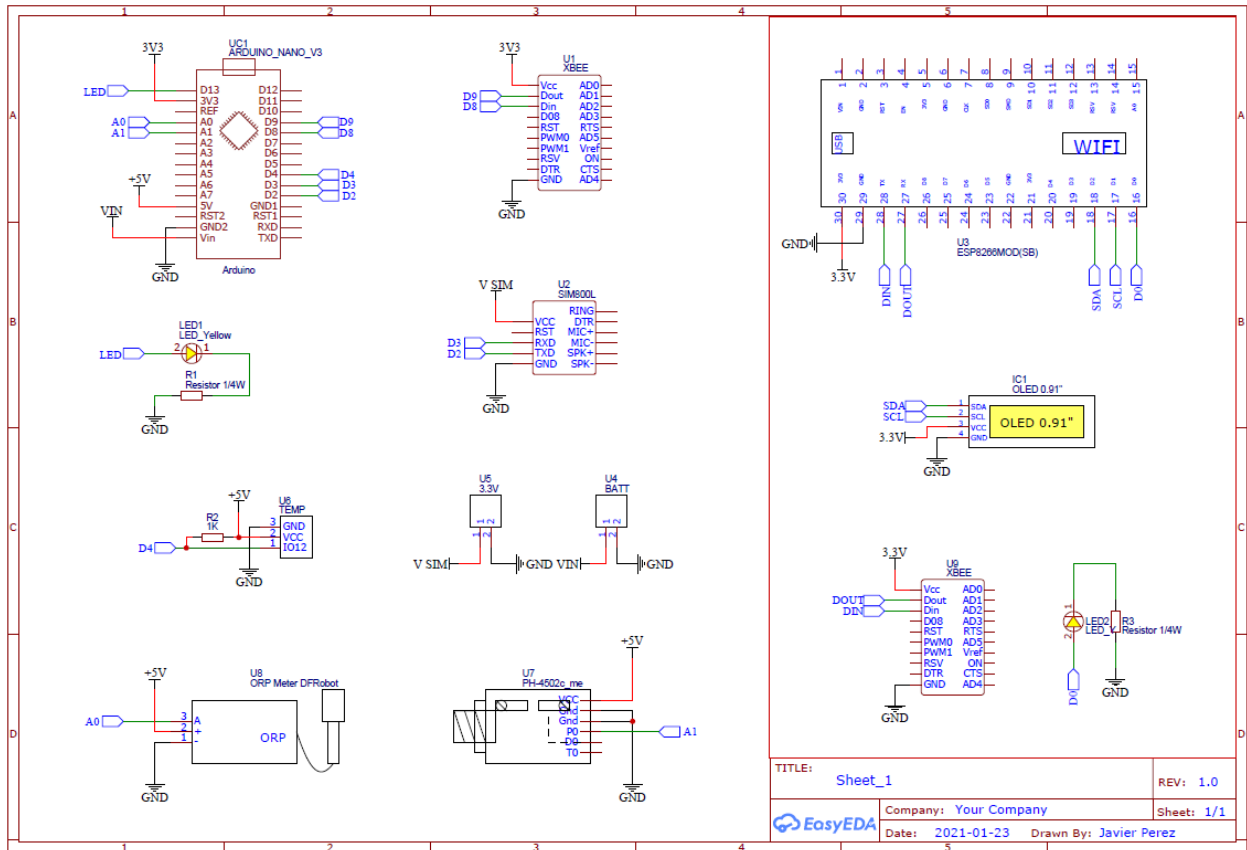
20. 12. ¿Qué inversión estaría dispuesto para adquirir un dispositivo electrónico de monitoreo remoto en su cultivo de tilapia? *

Marca solo un óvalo.

- Menos de 500 mil pesos colombianos
 Entre 500 mil y 1 millón de pesos colombianos
 Entre 1 millón y 2 millones de pesos colombianos
 Más de 2 millones de pesos colombianos

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios



Anexo C. Cesión de derechos de interfaz local



CONTRATO DE CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES DE AUTOR

Suscrito entre, por una parte, **LEONARDO EVEMELETH SANCHEZ TORRES**, identificado con cédula de ciudadanía No. 79.909.423 expedida en Bogotá, debidamente facultado para suscribir convenios conforme a lo manifestado en la Resolución No. 006 del 3 de enero de 2020, quien de conformidad con la Resolución 015316 del 2 de diciembre de 2019 se desempeña como Vicerrector de Relaciones Internacionales de la UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD, Ente Universitario Autónomo de orden Nacional, creado por Ley 52 de 1981 transformado mediante Decreto Ley 2770 del 16 de Agosto de 2006, con régimen especial en los términos de la Ley 30 de 1992, personería jurídica, autonomía académica, administrativa y financiera; patrimonio independiente y capacidad para gobernarse, vinculado al Ministerio de Educación Nacional, identificada con NIT 860.512.780-4 quien adelante se denominará **CESIONARIO** y por otra parte **WILLIAM ALEXANDER CUEVAS CARRERO** mayor de edad, identificado con cédula de ciudadanía número 1055988270 expedida en Panqueba Boyacá, **MAURICIO ALBERTO GARCÍA MARTÍNEZ** mayor de edad, identificado con cédula de ciudadanía número 80875306 expedida en Bogotá, **YEISON YESID BERTEL LÓPEZ** mayor de edad, identificado con cédula de ciudadanía número 92544209 expedida en Sincelejo y **FABIÁN LEONIDAS MARTÍNEZ QUINCHANEGUA** mayor de edad, identificado con cédula de ciudadanía número 80733140 expedida en Bogotá y quienes en lo sucesivo y para los efectos de este contrato se designarán como los **CEDENTES**, (conjuntamente las "Partes" y cada una individualmente como la "Parte") han acordado celebrar **CONTRATO DE CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES DE AUTOR** (en adelante el "CONTRATO") que se registrará por las disposiciones legales aplicables y en especial por las siguientes cláusulas:

CONSIDERANDO

- I) Que el **CEDENTE WILLIAM ALEXANDER CUEVAS CARRERO** fue vinculado a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia mediante **RESOLUCIONES DE VINCULACIÓN** No. 12226 para el periodo 16-04 del 2020, 3912 para el periodo 16-01 del 2021 y 12366 para el periodo 16-04 del 2021. Que el **CEDENTE MAURICIO ALBERTO GARCÍA MARTÍNEZ** fue vinculado a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia mediante **RESOLUCIONES DE VINCULACIÓN** No. 4103 para el periodo 16-04 del 2020, 4277 para el periodo 16-01 del 2021 y 13150 para el periodo 16-04 del 2021. Que el **CEDENTE YEISON YESID BERTEL LÓPEZ** fue vinculado a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia como estudiante en los periodos 16-04 del 2020 y 8-03 del 2021 y 16-04 del 2021. Finalmente, que el **CEDENTE FABIÁN LEONIDAS MARTÍNEZ QUINCHANEGUA** fue vinculado a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia como estudiante en los periodos 16-04 del 2020 y 8-03 del 2021 y 16-04 del 2021.
- II) Que, como resultado del Proyecto de Investigación Especial con código **ECBTPIE182020**, "Diseño de un sistema electrónico de medición, procesamiento y diagnóstico de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra", los **CEDENTES** son los autores de la obra: "Interfaz gráfica local para el monitoreo de parámetros de calidad del agua en cultivos de Tilapia", cuya descripción y características se adjuntan a este



instrumento y en adelante se denomina LA OBRA.

- III) Que el **CESIONARIO** desea ser el titular único de todos los derechos patrimoniales de autor, en todo el mundo y de manera permanente, entre otros el derecho de reproducción y explotación en todas sus modalidades, el derecho de transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y, en general, cualquier tipo de explotación que de LA OBRA se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer.
- IV) Que el **CEDENTE** cede la totalidad de sus derechos patrimoniales sobre LA OBRA según los términos del presente contrato.

En vista de los considerandos anteriores, las partes del presente **CONTRATO** se comprometen con las siguientes cláusulas:

CLÁUSULA PRIMERA. OBJETO.- Por medio de este contrato el **CEDENTE** transfiere al **CESIONARIO** la totalidad de los derechos patrimoniales de autor sobre LA OBRA, en todo el mundo y de manera permanente, que se lista a continuación: "Interfaz gráfica local para el monitoreo de parámetros de calidad del agua en cultivos de Tilapia".

CLÁUSULA SEGUNDA. DURACIÓN.- La presente Cesión aplica tanto en Colombia como en cualquier otro país y se realiza a perpetuidad y/o en su defecto, por el tiempo máximo que establezca la Ley nacional e internacional.

CLAUSULA TERCERA. REMUNERACION. - La presente cesión se entiende concedida como resultado del cumplimiento de las obligaciones contractuales vigentes entre las partes establecidas en las resoluciones No. 12226 para el periodo 16-04 del 2020, 3912 para el periodo 16-01 del 2021, 12366 para el periodo 16-04 del 2021, 4103 para el periodo 16-04 del 2020, 4277 para el periodo 16-01 del 2021 y 13150 para el periodo 16-04 del 2021 entre el **CEDENTE** y **LA UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA- UNAD**.

CLÁUSULA CUARTA. REPRODUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN.- El **CESIONARIO** vinculará contractualmente al **CEDENTE** para que acompañe y realice los procesos de reproducción y explotación en todas sus modalidades, el derecho de transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y, en general, cualquier tipo de explotación que de LA OBRA se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer. Reconociendo que entre las dos partes, el **CEDENTE** es el experto en el funcionamiento total de la OBRA.

CLÁUSULA QUINTA. TERRITORIO.- Los derechos se ceden para todo el mundo y de manera permanente e indefinida, incluyendo todo el territorio colombiano.

CLÁUSULA SEXTA. INTEGRIDAD CONTRACTUAL.- Si en cualquier momento, una de las cláusulas de este contrato es declarada ilegal, inoponible o nula e inválida, la legalidad, validez y efectividad de las demás disposiciones de este contrato no serán afectadas o deterioradas por esta nulidad.



CLÁUSULA SÉPTIMA. El CEDENTE se compromete a no impedir ó restringir la producción, distribución, promoción o explotación de LA OBRA en ninguna forma, mientras el uso de los derechos aquí concedidos por el CEDENTE, se haga dentro de las normas legales y las que se pactan en el presente contrato.

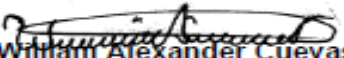
CLÁUSULA OCTAVA. El CEDENTE garantiza que detenta todos los derechos que le confieren las leyes sobre LAS OBRA en especial, todos los derechos de autor asociados a la misma, y en consecuencia, garantiza que puede hacer la presente cesión sin ningún tipo de limitación, por no pesar sobre LA OBRA ningún tipo de gravamen o limitación a los derechos sobre la disposición que el CEDENTE puede hacer de la misma. En caso de que se presente algún reclamo fundamentado por un tercero, ante autoridad competente, el CEDENTE responderá al CESIONARIO por los perjuicios causados.

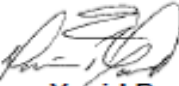
CLÁUSULA NOVENA.- SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS. Las diferencias que surjan entre las partes por la aplicación e interpretación de este contrato serán resueltas mediante la justicia ordinaria.

CLÁUSULA NOVENA. LEY APLICABLE. Será aplicable la ley colombiana.

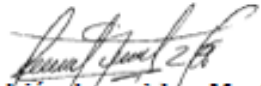
Para constancia de lo aquí estipulado, las Partes firman el contrato el día 27 de Agosto de 2021 en la ciudad de Bogotá.

EL CEDENTE


William Alexander Cuevas Carrero
C.C. 1055988270 de Panqueba
Docente Tiempo Completo


Yeison Yesid Bertel López
C.C. 92544209 de Sincelejo
Estudiante


Mauricio Alberto García Martínez
C.C. 80875306 de Bogotá
Docente Tiempo Completo


Fabián Leonidas Martínez
C.C. 80875306 de Bogotá
Estudiante

EL CESIONARIO

Leonardo Evemeleth Sánchez Torres
C.C. 79.909.423 de Bogotá
Vicerrector de Relaciones Internacionales

Anexo D. Sesión de derechos interfaz remota



CONTRATO DE CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES DE AUTOR

Suscrito entre, por una parte, **LEONARDO EVEMELETH SANCHEZ TORRES**, identificado con cédula de ciudadanía No. 79.909.423 expedida en Bogotá, debidamente facultado para suscribir convenios conforme a lo manifestado en la Resolución No. 006 del 3 de enero de 2020, quien de conformidad con la Resolución 015316 del 2 de diciembre de 2019 se desempeña como Vicerrector de Relaciones Internacionales de la UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD, Ente Universitario Autónomo de orden Nacional, creado por Ley 52 de 1981 transformado mediante Decreto Ley 2770 del 16 de Agosto de 2006, con régimen especial en los términos de la Ley 30 de 1992, personería jurídica, autonomía académica, administrativa y financiera; patrimonio independiente y capacidad para gobernarse, vinculado al Ministerio de Educación Nacional, identificada con NIT 860.512.780-4 quien adelante se denominará **CESIONARIO** y por otra parte **WILLIAM ALEXANDER CUEVAS CARRERO** mayor de edad, identificado con cédula de ciudadanía número 1055988270 expedida en Panqueba Boyacá, **MAURICIO ALBERTO GARCÍA MARTÍNEZ** mayor de edad, identificado con cédula de ciudadanía número 80875306 expedida en Bogotá, **ELIANA YISSEL AGUILERA ÁNGEL** mayor de edad, identificada con cédula de ciudadanía número 1070950095 expedida en Facatativá y **ANA MILENA VANEGAS AZUERO** mayor de edad, identificada con cédula de ciudadanía número 35534098 expedida en Facatativá y quienes en lo sucesivo y para los efectos de este contrato se designarán como los **CEDENTES**, (conjuntamente las "Partes" y cada una individualmente como la "Parte") han acordado celebrar **CONTRATO DE CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES DE AUTOR** (en adelante el "CONTRATO") que se registrará por las disposiciones legales aplicables y en especial por las siguientes cláusulas:

CONSIDERANDO

- i)** Que el **CEDENTE WILLIAM ALEXANDER CUEVAS CARRERO** fue vinculado a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia mediante **RESOLUCIONES DE VINCULACIÓN** No. 12226 para el periodo 16-04 del 2020, 3912 para el periodo 16-01 del 2021 y 12366 para el periodo 16-04 del 2021. Que el **CEDENTE MAURICIO ALBERTO GARCÍA MARTÍNEZ** fue vinculado a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia mediante **RESOLUCIONES DE VINCULACIÓN** No. 4103 para el periodo 16-04 del 2020, 4277 para el periodo 16-01 del 2021 y 13150 para el periodo 16-04 del 2021. Que la **CEDENTE ELIANA YISSEL AGUILERA ÁNGEL** fue vinculada a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia mediante **RESOLUCIONES DE VINCULACIÓN** No. 60866 para el periodo 16-04 del 2020 y 73214 para el periodo 16-01 del 2021. Finalmente, que la **CEDENTE ANA MILENA VANEGAS AZUERO** fue vinculada a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia mediante **RESOLUCIONES DE VINCULACIÓN** No. 60771 para el periodo 16-04 del 2020 y 60771 para el periodo 16-01 del 2021.
- ii)** Que, como resultado del Proyecto de Investigación Especial con código **ECBTIPIE182020**, "Diseño de un sistema electrónico de medición, procesamiento y diagnóstico de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra", los **CEDENTES** son los autores de la obra: "Interfaz gráfica local para el monitoreo de parámetros de calidad del agua en



cultivos de Tilapia", cuya descripción y características se adjuntan a este instrumento y en adelante se denomina LA OBRA.

- III) Que el **CESIONARIO** desea ser el titular único de todos los derechos patrimoniales de autor, en todo el mundo y de manera permanente, entre otros el derecho de reproducción y explotación en todas sus modalidades, el derecho de transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y, en general, cualquier tipo de explotación que de LA OBRA se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer.
- IV) Que el **CEDENTE** cede la totalidad de sus derechos patrimoniales sobre LA OBRA según los términos del presente contrato.

En vista de los considerandos anteriores, las partes del presente **CONTRATO** se comprometen con las siguientes cláusulas:

CLÁUSULA PRIMERA. OBJETO.- Por medio de este contrato el **CEDENTE** transfiere al **CESIONARIO** la totalidad de los derechos patrimoniales de autor sobre LA OBRA, en todo el mundo y de manera permanente, que se lista a continuación: "Interfaz gráfica local para el monitoreo de parámetros de calidad del agua en cultivos de Tilapia".

CLÁUSULA SEGUNDA. DURACIÓN.- La presente Cesión aplica tanto en Colombia como en cualquier otro país y se realiza a perpetuidad y/o en su defecto, por el tiempo máximo que establezca la Ley nacional e internacional.

CLAUSULA TERCERA. REMUNERACION. - La presente cesión se entiende concedida como resultado del cumplimiento de las obligaciones contractuales vigentes entre las partes establecidas en las resoluciones No. 12226 para el periodo 16-04 del 2020, 3912 para el periodo 16-01 del 2021, 12366 para el periodo 16-04 del 2021, 4103 para el periodo 16-04 del 2020, 4277 para el periodo 16-01 del 2021 y 13150 para el periodo 16-04 del 2021 entre el **CEDENTE** y **LA UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA- UNAD**.

CLÁUSULA CUARTA. REPRODUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN.- El **CESIONARIO** vinculará contractualmente al **CEDENTE** para que acompañe y realice los procesos de reproducción y explotación en todas sus modalidades, el derecho de transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y, en general, cualquier tipo de explotación que de LA OBRA se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer. Reconociendo que entre las dos partes, el **CEDENTE** es el experto en el funcionamiento total de la OBRA.

CLÁUSULA QUINTA. TERRITORIO.- Los derechos se ceden para todo el mundo y de manera permanente e indefinida, incluyendo todo el territorio colombiano.

CLÁUSULA SEXTA. INTEGRIDAD CONTRACTUAL.- Si en cualquier momento, una de las cláusulas de este contrato es declarada ilegal, inoponible o nula e inválida, la legalidad, validez y efectividad de las demás disposiciones de este contrato no serán afectadas o deterioradas por esta nulidad.

CLÁUSULA SÉPTIMA. El CEDENTE se compromete a no impedir ó restringir la producción, distribución, promoción o explotación de LA OBRA en ninguna forma, mientras el uso de los derechos aquí concedidos por el CEDENTE, se haga dentro de las normas legales y las que se pactan en el presente contrato.

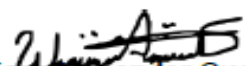
CLÁUSULA OCTAVA. El CEDENTE garantiza que detenta todos los derechos que le confieren las leyes sobre LAS OBRA en especial, todos los derechos de autor asociados a la misma, y en consecuencia, garantiza que puede hacer la presente cesión sin ningún tipo de limitación, por no pesar sobre LA OBRA ningún tipo de gravamen o limitación a los derechos sobre la disposición que el CEDENTE puede hacer de la misma. En caso de que se presente algún reclamo fundamentado por un tercero, ante autoridad competente, el CEDENTE responderá al CESIONARIO por los perjuicios causados.


CLÁUSULA NOVENA.- SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS. Las diferencias que surjan entre las partes por la aplicación e interpretación de este contrato serán resueltas mediante la justicia ordinaria.

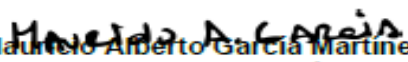
CLÁUSULA NOVENA. LEY APLICABLE. Será aplicable la ley colombiana.

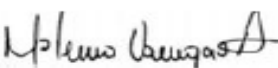
Para constancia de lo aquí estipulado, las Partes firman el contrato el día 27 de Agosto de 2021 en la ciudad de Bogotá.

EL CEDENTE


William Alexander Cuevas Carrero
C.C. 1055988270 de Panqueba
Docente Tiempo Completo
35534098


Eliana Yissel Aguilera Ángel
C.C. 1070950095 de Facatativá
Docente Hora Cátedra


Maurelio Alberto García Martínez
C.C. 80875306 de Bogotá
Docente Tiempo Completo


Ana Milena Vanegas Azuero
C.C. 35534098 de Facatativá
Docente Tiempo Completo

EL CESIONARIO

Leonardo Evemeleth Sánchez Torres
C.C. 79.909.423 de Bogotá
Vicerrector de Relaciones Internacionales