

Desarrollo de un prototipo recolector de datos para la medición de temperatura, pH y
oxígeno disuelto presente en estanques piscícolas

Rober Manuel Sehuanes Jiménez

Corporación Universitaria del Caribe - CECAR
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura
Ingeniería de Sistemas
Sincelejo - Sucre
2021

Desarrollo de un prototipo recolector de datos para la medición de temperatura, pH y
oxígeno disuelto presente en estanques piscícolas

Rober Manuel Sehuanez Jiménez

Proyecto de desarrollo tecnológico presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero de Sistemas

Director

Miguel Ángel Romero Garavito

Magister en Tecnologías de los Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica

Codirector

Eberto Porto Mass

Magister en Tecnologías de los Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica

Corporación Universitaria del Caribe - CECAR
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura
Ingeniería de Sistemas
Sincelejo - Sucre

2021

Nota de Aceptación

4.53

11 de octubre del 2021

Myriam Aguilar

Director

[Signature]

Evaluador 1

[Signature]

Evaluador 2

Sincelejo, Sucre, 02 de noviembre de 2021

Dedicatoria

Solo soy el reflejo de lo que alguna vez quise ser.

Tabla de Contenido

Resumen	13
Abstract	14
Introducción	15
1. Planteamiento del problema	18
1.1. Descripción del problema.....	18
1.2. Formulación del problema	19
2. Justificación.....	20
3. Objetivos	26
3.1. General	26
3.2. Específicos	26
4. Marco referencial	27
4.1. Marco teórico.....	27
4.2. Marco conceptual	34
4.2.1. Acuicultura.	34
4.2.2. Calidad de Agua.	35
4.2.3. Oxígeno Disuelto.....	36
4.2.4. Potencial de Hidrogeno (Ph).	37
4.2.5. Temperatura.....	38
4.2.6. Objetivos de Desarrollo Sostenible.	39
4.3. Marco tecnológico	40

4.3.1. Arduino.....	40
4.3.2. Digi XBee.....	41
4.3.3. Atlas Scientific.....	42
4.3.3.1. Sensor de pH de Atlas Scientific.....	42
4.3.3.2. Sensor de Oxígeno Disuelto (OD) Dissolved Oxygen de Atlas Scientific.....	43
4.3.4. Sensor de temperatura PT – 1000.....	44
4.3.5. Sensor de temperatura DS18B20.....	45
4.3.6. Tentacle Shield.....	45
4.3.7. Equipo Multiparámetro.....	46
4.4. Marco metodológico.....	47
4.4.1. Diseñar un prototipo electrónico para la lectura y registro de pH, oxígeno disuelto y temperatura en estanques de cultivo de peces.....	48
4.4.1.1. Plataforma de desarrollo.....	48
4.4.1.2. Recolección de datos.....	52
4.4.1.3. Gestión de los datos.....	53
4.4.1.4. Administración de la comunicación.....	56
4.4.2. Seleccionar un protocolo de comunicación para la transmisión de información entre nodos sensores.....	58
4.4.1.1. Estructura de datos.....	58
4.4.1.2. Periodicidad de transmisión.....	62
4.4.1.3. Protocolos de comunicación.....	63
4.4.1.3.1. <i>Comunicación interna</i>	64
4.4.1.3.2. <i>Comunicación externa</i>	65

4.4.3. Evaluar el prototipo funcional a través de pruebas de campo en ambientes controlados simulando las variables físico-químicas presentes en un estanque de peces.	68
5. Resultados	71
Conclusiones	82
Recomendaciones	86
Referencias Bibliográficas	88
Anexos.....	97

Lista de Figuras

Figura 1. Módulo descubierto con placa de circuito y conector externo a los sensores.	28
Figura 2. Sistema de adquisición integrado.	29
Figura 3. Estanque prototipo.	30
Figura 4. Prototipo recolectando datos en campo	32
Figura 5. Nodo recolector en Estanque	32
Figura 6. Prototipo en Pozo central del pueblo de Tibaná	33
Figura 7. Prototipo en prueba de campo	34
Figura 8. Cultivo de Tilapia Roja en estanque de tierra.	35
Figura 9. Efecto de la concentración de OD sobre los peces en un estanque.	37
Figura 10. Efecto del pH sobre los peces en un estanque.	38
Figura 11. Estratificación térmica en un embalse.	39
Figura 12. Placa Arduino.	41
Figura 13. Módulo DigiXBee S2C.....	42
Figura 14. Sonda p.H.....	43
Figura 15. Sonda de Oxígeno Disuelto (D.O).....	44
Figura 16. Sensor de Temperatura PT-1000	45
Figura 17. Whitebox Labs Tentacle Shield.....	46
Figura 18. Ejemplos de equipos multiparametros.....	47
Figura 19. NodeMCU.....	51
Figura 20. Módulo con reloj de tiempo real RTC DS3231	54
Figura 21. Tarjeta para uSD micro SD.....	55
Figura 22. Topología Xbee ZigBee.....	58
Figura 23. Estructura de datos para almacenamiento y transmisión.	59
Figura 24. Comunicación interna y externa.	67
Figura 25. XBee Explorer USB.....	68
Figura 26. Cyphocharax.	70
Figura 27. Prototipo funcional para recolección de datos.	72

Lista de Tablas

Tabla 1. Escala de valoración de índice de calidad de aguas marinas y costeras.	36
Tabla 2. Comparativa de plataformas (Arduino, NodeMCU y Raspberry).	49
Tabla 3. Tabla comparativa entre dispositivos de conexión inalámbrica (Radio frecuencia, Wifi y Bluetooth).	57
Tabla 4. Relación de los valores consignados en la trama de transmisión con la característica correspondiente a cada uno.	59
Tabla 5. Tabla demostrativa con los protocolos que puede manejar cada dispositivo.	64
Tabla 6. Ficha técnica del <i>Cyphocharax magdalenae</i>	70
Tabla 7. Sensor ubicado en la superficie.	73
Tabla 8. Sensor ubicado en el fondo.	73
Tabla 9. Media de datos por fecha del sensor.	74
Tabla 10. Moda de datos por fecha del sensor.	75
Tabla 11. Datos manuales antes del dispositivo.	79
Tabla 12. Compilación de media y cambio porcentual.	80
Tabla 13. Varianza de datos antiguos y nuevos	80

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Media pH superficie vs media pH fondo.	76
Gráfica 2. Media oxígeno superficie vs media oxígeno fondo.	77
Gráfica 3. Media temperatura superficie vs media temperatura fondo.	78
Gráfica 4. Media pH superficie VS Media Oxígeno Disuelto superficie.	78
Gráfica 5. Media datos antiguos y datos nuevos.	81

Lista de Anexos

Anexo 1. Certificado de registro de soporte lógico – software DATA.....	97
Anexo 2. Certificado de registro de soporte lógico – software SODEAP.	98
Anexo 3. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 1.	99
Anexo 4. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 2.	100
Anexo 5. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 3.	100
Anexo 6. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 4.	101
Anexo 7. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 5.	101
Anexo 8. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 6.	102
Anexo 9. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 7.	103
Anexo 10. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 8.	104
Anexo 11. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 9.	105
Anexo 12. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 10.	106
Anexo 13. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 11.	107
Anexo 14. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 12.	108
Anexo 15. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 13.	109

Anexo 16. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 14.....	110
Anexo 17. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 15.....	110
Anexo 18. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 16.....	111
Anexo 19. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 17.....	112
Anexo 20. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 18.....	113
Anexo 21. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 19.....	113
Anexo 22. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 20.....	114
Anexo 23. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 21.....	115
Anexo 24. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 22.....	115
Anexo 25. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 23.....	116
Anexo 26. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 24.....	117
Anexo 27. Invitación al I Encuentro de Investigación REDIS – Nodo Caribe “Tecnologías y Retos de la Industria 4.0”.....	118
Anexo 28. Poster de participación en el I Encuentro de Investigación REDIS – Nodo Caribe “Tecnologías y Retos de la Industria 4.0”.	119
Anexo 29. Resultado de participación en el I Encuentro de Investigación REDIS – Nodo Caribe “Tecnologías y Retos de la Industria 4.0”.....	120
Anexo 30. Convocatoria para el XI Encuentro Interno de Semilleros de Investigación.	121

Anexo 31. Formato de inscripción para proyectos de investigación en el marco del XI Encuentro Interno de Semilleros de Investigación	122
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Resumen

La calidad del agua en un estanque piscícola es de vital importancia para la conservación de las especies que ahí habitan, es por ello que en este proyecto se desarrolló un prototipo recolector de datos que permite medir variables como la temperatura, pH y oxígeno disuelto del agua. Este dispositivo cuenta con plataforma tecnológica Arduino, Atlas Scientific para la toma y trata de los datos, Digi XBee para la comunicación externa, protocolos de comunicación el I2C y SPI para la comunicación interna, tarjeta uSD microSD para administrar el almacenamiento y lectura de datos, y dos softwares que procesaban la información. Con este prototipo es posible monitorear de forma automática estos parámetros facilitando la lectura de información, reduciendo el tiempo de monitoreo, facilitando la disponibilidad de la información, mejorando el tiempo de respuesta y toma de decisiones. Además, para el proceso acuícola se automatiza los procesos industriales, se aumentaría la productividad, se realizarían monitoreos continuos y de forma remota, se reducirían costos y los errores de lectura.

Palabras clave: industrias 4.0, arquitectura IoT, prototipo, monitoreo, estanque, acuicultura, Sucre.

Abstract

The quality of the water in a fish pond is of vital importance for the conservation of the species that live there. That is why in this project a data collection prototype was developed that allows the measurement of variables such as temperature, pH and dissolved oxygen in the water. This device has an Arduino technological platform, Atlas Scientific for data collection and processing, Digi XBee for external communication, I2C and SPI communication protocols for internal communication, uSD microSD card to manage data storage and reading, and two softwares that process the information. With this prototype it is possible to monitor automatically these parameters facilitating the reading of information, reducing the monitoring time, facilitating the availability of information, improving the response time and decision making. In addition, for the aquaculture process, the industrial processes are automated, productivity is increased, continuous and remote monitoring is performed, and costs and reading errors are reduced.

Keywords: prototype, monitoring, pond, aquaculture, Sucre.

Introducción

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s, f). El desarrollo positivo que ha tenido la acuicultura en Colombia tanto en la costa como en el interior del país se debe a la gran bondad que nos ofrece el territorio Colombiano, zonas donde los recursos y los ecosistemas han permitido adelantar el cultivo de especies hidrobiológicas, como camarón, tilapia, trucha, carpa y especies nativas como el bocachico cachama, fundamentados los cultivos en etapas como: Producción de alevinos, las actividades de levante y engorde, procesamiento o transformación de la producción acuícola y la comercialización Parrado et al. (2012) La acuicultura en Colombia ha presentado un incremento notable, para el año 2019 se observó un aumento del 26,86% con respecto al año anterior, es decir 171.026 toneladas, más del doble de la producción de hace diez años. De estas toneladas 5.582 hacen parte de la camaronicultura, y el 165.444 restante corresponden a producción piscícola donde 58% pertenecen a cultivos de tilapia, 19% a Cachama, 16% a trucha y 7% a otras especies. (Ministerio de Agricultura [Minagricultura], 2020, p.4).

La acuicultura es practicada en diversos departamentos del país y para 2019, Bolívar y Nariño se destacaron por sus cultivos de camarón; la producción piscícola es liderada por Huila con 60.456 toneladas (37%), seguido de Meta con 18.750 (11%), Tolima con 16.185 (10%), Cundinamarca con 5.583 (6%), Antioquia con 6.725 (4%) y Córdoba con 5.520 (3%). (Ministerio de Agricultura [Minagricultura], 2020, p.12).

En esta actividad, el agua juega un papel fundamental para el óptimo desarrollo de los organismos que allí se cultivan. Cualquier característica del agua que afecte de un modo u otro el comportamiento, la reproducción, el crecimiento, los rendimientos por unidad de área, la productividad primaria y el manejo de las especies acuáticas es una variable de calidad de agua. Un estanque con agua de buena calidad producirá más que un estanque con mala calidad

(Rodríguez, s, f). El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso, para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar (Instituto Ecuatoriano de Normalización [I.N.E.N], 1998).

Las diferentes variables que intervienen en un estanque como son las relaciones tróficas. Biocenosis establecidas, capacidad de reciclaje de los nutrientes, autoproducción y autodepuración de los mismos y los parámetros físico químicos del agua determinan la variación, cantidad y calidad de los organismos que viven en él. Toda especie tiene un rango óptimo para desarrollarse normalmente, el cual está básicamente dado por la temperatura, oxígeno, tipo y cantidad de nutrientes sólidos disueltos, salinidad, pH, dureza, alcalinidad, etc. (Rodríguez, s, f).

La acuicultura ha tenido un progreso notorio en los últimos cincuenta años gracias al uso de las tecnologías. La tecnología empleada para estanques puede considerarse simple o de alta composición, actualmente cerca del 50% de los estanques a nivel mundial cuentan con sistema sencillos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s, f). Para fortalecer los avances tecnológicos el Plan y Acuerdo Estratégico Departamental de Sucre, establece una proyección enfocada en el desarrollo agropecuario y agroindustrial apoyado en proyectos, programas y estrategias de Ciencia, Tecnología e Innovación, por ello se designa como foco #1. Esto con el fin de fomentar la generación del conocimiento a través de investigaciones científicas y fortalecer el sistema CTeI en el departamento (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación [Colciencias], 2016).

Para la medición de parámetros en tiempo real se han implementado sistemas AWACSS (Sistemas de Soporte Computarizado y Automatizado para Análisis de Agua) que son empleados como herramienta para la tecnificación de la acuicultura. Con el tiempo se han creado otras metodologías que no solo miden parámetros como el pH, oxígeno disuelto y temperatura sino también concentraciones de contaminantes presentes en el agua Valencia et al. (2019). Esta implementación ha permitido acceder a la información que ha sido de difícil acceso, disminuir

los costos, reducir los tiempos de procesamiento, manejo bases de datos, etc. Lo que genera mayor productividad, competitividad y posible descenso en el impacto ambiental (Acuicultura y Pesca [Aqua], 2018).

De igual forma, estos avances han contribuido en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también llamados Objetivos Mundiales, propuestos por los Estados Miembros en 2015 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2020). Se considera que el sector pesquero tiene una relación directa con la seguridad alimentaria, el desarrollo económico y la salud en los diversos países, por ello van de la mano con los ODS ya que estos pretenden equilibrar la sostenibilidad económica, medio ambiental y social (World Wildlife Fund [WWF], 2017). La acuicultura impacta en 5 de los objetivos allí planteados, los cuales corresponden al dos, tres, ocho, nueve y doce (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2020), con el prototipo se pueden mejorar las cifras relacionadas con estos objetivos.

Por lo anterior, en esta investigación se desarrollará un prototipo que permita determinar las condiciones antes descritas.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

La acuicultura es un sector que está en proceso de crecimiento a nivel local y se estima que se generan en Colombia cerca de 154 mil empleos directos e 51 mil indirectos. En 2019 se exportaron 13.238 toneladas entre tilapia, trucha y camarón generando divisas al país de 82,3 millones de dólares y donde los principales destinos de exportación son Estados Unidos, Alemania, Francia y España (Ministerio de Agricultura [Minagricultura], 2020). En cuanto a regiones, el 58% de la producción proviene de Andina, seguido del 17,5% del Caribe, 16% Orinoquía, 6,5% Pacífico y 2% Amazonía (AgroNegocios, 2015). En Sucre para 2019 se produjeron 3.306 toneladas, que corresponde al 1,99% del total de la producción del país (Ministerio de Agricultura [Minagricultura], 2020).

Las técnicas usadas son empíricas y arcaicas en donde la falta de conocimientos y herramientas dificultan el desarrollo de esta actividad Mantilla et al. (2017). En la actualidad los pequeños y medianos productores no cuentan con los recursos y las técnicas necesarias para el desarrollo óptimo de los peces en estas piscícolas, conllevando a que la producción se vea mitigada y aumentado los costos de mantenimiento para estos. La falta de cultura y de adaptación a las nuevas tecnologías ocasiona que la tasa de mortalidad aumente en épocas de intenso verano. Sin dejar de lado que las técnicas usadas actualmente son aún artesanales y en ocasiones no generan la utilidad que el mercado demanda. Un ejemplo de ello es la forma en la cual son tomados los datos de control de los estanques, ya que para ello es necesario que un operario se traslade hacia los estanques cada vez que se tomen los datos y estos solo son anotados en libros, en los cuales la búsqueda y análisis posterior a esta actividad se hace un poco engorrosa por la forma y el control como se registran estos datos.

De igual forma, el lapso de toma de datos es demasiado amplio (de 4 a 6 horas), estas bajas frecuencias de muestreo generan que las medidas y acciones tomadas para mitigar afectaciones en los estanques sean demasiado tarde o no ocasionen el efecto esperado

produciendo, en ocasiones, secuelas en los peces afectando el desarrollo óptimo de estos y en el peor de los casos, la muerte.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario el diseño de un prototipo recolector de datos que permitirá la optimización de las técnicas usadas en esta actividad, llevada de la mano de la implementación de tecnologías que apoyen la toma de decisiones en situaciones presentes mientras se desarrolla esta actividad.

1.2 Formulación del problema

¿El desarrollo de un prototipo recolector de datos en estanques piscícolas que monitoree en tiempo real los cambios que se presenten en la temperatura, oxígeno disuelto y pH, ayudará a mitigar el índice de tasa de mortalidad que se presenta en estos cultivos de peces?

2. Justificación

Se conoce como acuicultura al conjunto de técnicas y procesos para el cuidado y cultivo de las especies acuáticas (vegetales y animales). Por lo tanto, la piscicultura es una rama derivada de esta, y está dirigida a la aplicación de la técnica sistemática del cuidado de peces. Cifuentes et al. (1997).

Para el 2015 se tenía una cifra de 784 millones de personas en desnutrición que en el 2017 aumento a 821 millones. El 22% (149 millones) de niños menores de 5 años tienen retraso en el crecimiento, 7.3% (49 millones) de niños menores de 5 años padecen de emaciación y 5.9% (40 millones) de menores de 5 años tienen sobrepeso (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2019). El pescado representa alrededor del 17 % de la ingesta de proteínas animales de la población mundial. No obstante, en algunos países esta proporción puede superar el 50 %.

Los expertos coinciden en que el consumo de pescado, especialmente el graso, es crucial para el desarrollo óptimo del cerebro y el sistema nervioso de los niños, puesto que para ello son necesarios los ácidos grasos omega 3. En una consulta de expertos de la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) se llegó a la conclusión de que la inclusión de pescado en la dieta reduce el riesgo de que las mujeres den a luz a niños con un desarrollo subóptimo del cerebro y el sistema nervioso en comparación con las mujeres que no consumen este alimento (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014).

El pescado es una importante fuente de proteínas, grasas saludables y nutrientes, y desempeña un papel fundamental en la nutrición (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). Se estima que la producción mundial de pescado ha alcanzado unos 179 millones de toneladas en 2018. Del total general, 156 millones de toneladas se destinaron al consumo humano, lo que equivale a un suministro anual estimado de 20,5 kg per cápita. La acuicultura representó el 46% de la producción total y el 52% del pescado para consumo humano (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

[FAO], 2020). Jugando un papel importante en el desarrollo del ODS #2 el cual tiene como objetivo poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.

Con la ayuda de la pesca y la acuicultura numerosas familias son alimentadas con peces, aportando a su organismo proteínas, vitaminas y minerales mejorando así la nutrición, salud y bienestar de las personas, de esta forma la acuicultura contribuye con el tercer objetivo “Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades” (Departamento Nacional de Planeación [DPN], 2015).

El PIB real per cápita, que representa el nivel medio de vida, aumentó en todo el mundo en un 1,9% en el 2017, en comparación con el 1,3% del año 2016. Se espera que este crecimiento se mantenga estable en torno al 2% hasta el año 2020 (Naciones Unidas, 2019). La tasa mundial de desempleo se ha recuperado finalmente de la crisis financiera que sufrió el mundo en el año 2009. En el año 2018, se situó en 5%, igualando el nivel anterior a la crisis (Naciones Unidas, 2019). En Colombia para el 2020 se generaron 215.221 empleos de los cuales 53.805 son empleos directos y 161.416 empleos indirectos contribuyendo de esta manera en un 0.3% del PIB nacional y 3.3% al PIB agropecuario (Ministerio de Agricultura [Minagricultura], 2021, p.7).

Los departamentos con mayor producción en el sector acuícola para el 2019 fueron Huila con un 39%, Meta con un 11% y Tolima con un 9%, sucre tuvo un aporte del 2% representadas en 3.306 toneladas y donde las especies con un mayor índice de producción a nivel nacional fue la tilapia con un 58%, cachama con un 19% seguido de la trucha con un 16% y por ultimo un 7% en donde se encuentran la producción de otras especies con una menor incidencia (Ministerio de Agricultura [Minagricultura], 2020, p.10).

En el 2020 se registraron 17.569 toneladas exportadas procedentes de la acuicultura que representa 92.434 mil dólares 11.89% más con respecto al 2019. Durante el primer trimestre del

2021 con respecto al 2020 las exportaciones de tilapia y trucha crecieron 43.91% en volumen y 32.03% en valor (Ministerio de Agricultura [Minagricultura], 2020, p.13). Cada año este sector aumenta las cifras de empleo, PIB y consumo per cápita, promoviendo de esta forma el desarrollo económico sostenible continuo acompañado de empleos productivos y decentes, correspondiente al ODS 8.

La acuicultura es considerada una actividad de producción natural de alimentos, la cual es sostenible, con una baja huella de carbono comparado con otras actividades como la ganadera, agrícola y agroindustriales. Y es aquí donde favorece el ODS 12 focalizado a producciones sostenibles y con poco impacto en el medio ambiente (Departamento Nacional de Planeación [DPN], 2015).

Con el diseño, estudio e implementación de dicho dispositivo se contribuirá en la producción investigativa y tecnológica de equipos acuícolas, aumentando la capacidad de producción en esta área, fomentando la innovación y la I+D, cooperando con las metas propuestas en el ODS 9.

Cada día, el sector de la piscicultura genera mayores avances que contribuyen a la utilización óptima los recursos del entorno y en la eficiencia de los procesos (Navarro et al, 2013). Uno de estos avances ha sido integrar métodos automatizados y telemétricos que permitan la supervisión constante de las variables fisicoquímicas desde lugares remotos y responder rápidamente en caso de cambios en el estanque o ambiente, de esta manera se reducen las posibles pérdidas de producto (López y Cubillos, 2016). Con la reducción de pérdidas el sector compuesto por 29.400 acuicultores, tendrá la posibilidad de un mayor crecimiento, que permita contribuir aún más en la mejora productiva del sector agropecuario y la reducción de los índices de pobreza en las zonas rurales (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca [Aunap], 2013).

En los pequeños y medianos productores las técnicas y recursos son limitados y rudimentarios, por lo que algunas tareas son repetitivas y poco sistematizadas. Con la unificación

de la tecnología, el internet y los dispositivos electrónicos se conocerán con mayor exactitud las condiciones de las variables físicas, se reducen las labores repetitivas y las lecturas que se obtienen pueden ser vistas en cualquier momento y lugar, por los procesos autónomos (López y Cubillos, 2016). Con tales avances se logrará beneficiar el sector piscicultor y a la economía del país.

Uno de los parámetros más importante a tener en cuenta al momento de hacer un buen cultivo de peces, es el nivel de oxígeno disuelto (OD), puesto que gracias a este se logra tener una buena calidad de agua. El nivel de OD varía con respecto a la temperatura, ya que si no se tiene una buena concentración de OD el cultivo quedaría indefenso y podría presentar enfermedades y/o morir por falta de esta concentración, además de afectar en su crecimiento. (Rodríguez y Anzola, 2001)

Entre otros factores, llamados parámetros de calidad de agua, se debe tener en cuenta los factores químicos, específicamente el Potencial de Hidrogeno (pH). Con ese parámetro se mide la cantidad de acidez que posee la solución, es decir, el agua donde se encuentra el cultivo. Por lo tanto, el control de este parámetro influye directamente en la reproducción y desarrollo de los peces, dado que un pH por encima 9 puede afectar los huevos de peces y los juveniles. (Rivera y Yépez, 2015, p.12)

Por otro lado, entre los parámetros de calidad de agua, se encuentra el factor físico de Temperatura. Este parámetro influye en el desarrollo de las especies acuáticas, en este caso, en el cultivo de peces. El parámetro de temperatura es inversamente proporcional a la concentración de OD, es decir, entre más alta sea la temperatura, la concentración de OD baja, provocado estrés en las especies. (Rivera y Yépez, 2015, p.13)

Muchas veces para poder observar el comportamiento de estos parámetros en los acuarios, estanques o acuíferos se recurre a instrumentos que requieren de medidas manuales para su toma, lo que incurre en tiempo y trabajo adicional por parte de las personas encargadas; tampoco podrían realizar otras actividades mientras monitorean el estado del agua. Sim embargo,

con la creación de este prototipo se lograrían reducir el tiempo de recolección de datos y la persona podría estar haciendo otra actividad mientras espera las respectivas notificaciones, esto aumentaría la productividad y tiempo de respuesta ante cualquier novedad.

Hoy en día se utilizan software, heurísticas y prototipos que ayudan a simular y predecir comportamientos actuales y futuros en las empresas. Gracias al surgimiento de nuevas tecnologías y a la necesidad de fusionarlas con las compañías, nace la industria 4.0 que busca la automatización de los procesos sin la intervención humana (El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MINTIC], 2019, p.4). Esta industria ha servido de apoyo a la toma de decisiones en áreas de producción, administración y logística; resolviendo así problemas de manera rápida e inteligente basado en los datos en tiempo real y el análisis de estos. Además, aumenta la eficiencia, optimiza los procesos, disminuye costos, mejora la calidad, disponibilidad de datos precisos, minimiza el tiempo en la cadena productiva, etc. (Epicor, s.f).

En el sector de la piscicultura, cada día se desarrollan más métodos o prototipos automatizados que miden continuamente las variables de los estanques de forma remota, con el fin de reducir los tiempos de respuesta ante una adversidad y disminuir las posibles pérdidas del producto (López y Cubillos, 2016). Para este caso en particular, este sistema ayudará a decidir qué parámetros estabilizar y las medidas preventivas para conservar el ambiente adecuado para dicho estanque.

Es así como el prototipo propuesto servirá para generar registros de las variables a consideración, apoyará la logística propia de la actividad en la reducción de los tiempos de muestreo, automatización en la toma de datos y apoyo en la toma de decisiones. “Igualmente, la inclusión de este prototipo ahorra costos, dado que el manejo e inclusión de cada parámetro tiene un costo elevado, y por esto al trabajar con un número de parámetros reducidos, se puede obtener un modelo de prototipo en donde se relacionen dichos parámetros” (Díaz y Vargas, 2018, p. 12). Asimismo, se pueden hacer adaptaciones al prototipo de tal forma que el usuario maneje el crecimiento del cultivo y control total de este.

Además, la introducción del prototipo permite observar de manera previa las posibles limitaciones que se pueden presentar en el producto final, con ello poder explorar, manejar y experimentar en diferentes situaciones y versiones, y así adquirir un producto final totalmente completo.

En cuanto al ámbito regional, con la construcción de este dispositivo se fortalecerá la CTeI en el departamento, impulsado por el Plan y Acuerdo Estratégico Departamental (PAED) el cual prioriza al sector agropecuario y agroindustrial como foco estratégico #1. Lo anterior llevara al desarrollo sustentable, mejora de calidad de vida, aumento de competitividad y productividad en el departamento (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación [Colciencias], 2016).

Finalmente, será un punto de partida para futuras investigaciones en el área con el objetivo de mejorar dicho prototipo o estudiar los datos obtenidos de este.

3. Objetivos

3.1.General

- Desarrollar un prototipo recolector de datos para la medición de temperatura, pH y oxígeno disuelto presente en estanques piscícolas.

3.2.Específicos

- Diseñar un prototipo electrónico para la lectura y registro de pH, Oxígeno Disuelto y Temperatura en estanques de cultivo de peces.
- Seleccionar un protocolo de comunicación para la transmisión de información entre nodos sensores.
- Evaluar el prototipo funcional a través de pruebas de campo en un ambiente controlado simulando las variables físico-químicas presentes en un estanque de peces.

4. Marco Referencial

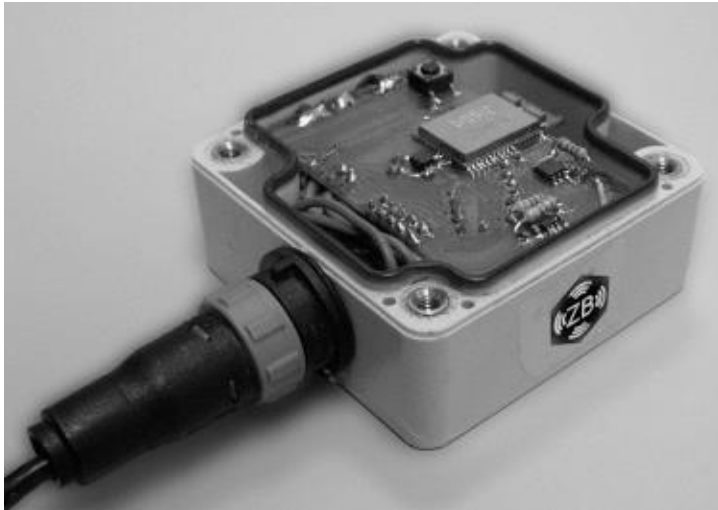
4.1. Marco teórico

Desde la antigüedad, las civilizaciones se empezaron a instalar junto a los ríos permitiendo el desarrollo de la acuicultura, es así como se logran grandes avances en la crianza, reproducción y comercialización gracias a estudios realizados. La acuicultura es un tipo de agricultura que incluye el cultivo, crianza y venta de plantas o especies acuáticas en un ambiente controlado, en donde se deben mantener las condiciones adecuadas para obtener un producto bueno. Gracias a los avances tecnológicos se han desarrollado prototipos y sistemas que permiten monitorear las variables fisicoquímicas del agua en estos medios (López y Cubillos, 2016, p.1).

En la Universiti Teknologi Petronas en Malasia, Haron (2009) en su estudio “Remote Water Quality Monitoring System using Wireless Sensors” implementaron un sistema remoto para monitorear la calidad del agua utilizando sensores inalámbricos, con el fin de medir variables como la temperatura, nivel de oxígeno y pH; este sistema se usó en un cultivo de camarón y con ayuda de la tecnología, los cambios detectados son recibidos por mensajería SMS. Con este sistema se pudo obtener la información de manera más rápida que haciendo un monitoreo manual, también sirvió como punto de partida para el desarrollo de sistemas similares. Por otra parte, en México la Universidad Marista de Mérida, Espinosa y Rendón, (2012) en su artículo “A ZigBee wireless sensor network for monitoring an aquaculture recirculating system”, explican el desarrollo de una red de estos mismos sensores y consta de sensores de oxígeno disuelto, temperatura, presión y además cuenta con un programa que monitorea los resultados y al sobrepasar los límites establecidos genera una alarma transmitida por mensajería e interfaz WEB para la consulta de los datos.

Figura 1.

Módulo descubierto con placa de circuito y conector externo a los sensores.



Fuente: Espinosa y Rendón (2012)

En Perú, la pontificia universidad católica del Perú, Dulanto (2011) desarrolló un trabajo nombrado “diseño de un sistema de monitoreo remoto de parámetros ambientales críticos de la planta piloto de acuicultura de la PUCP” que tiene por objeto diseñar un sistema remoto de monitoreo para medidas ambientales en una planta de acuicultura, es así como implementaron un sistema de instrumentación para piscicultura que mide el pH, temperatura y oxígeno disuelto, el cual está integrado por la aplicación C++ que produce informes de la medición obtenida en formato texto. Para que el encargado analice los resultados arrojados. Con este sistema lograron monitorear los datos de forma remota y trasmitirlos a una red de trabajo local (LAN), logrando que estos fueron vistos en formato HTML desde cualquier lugar de esta red.

Figura 2.

Sistema de adquisición integrado.

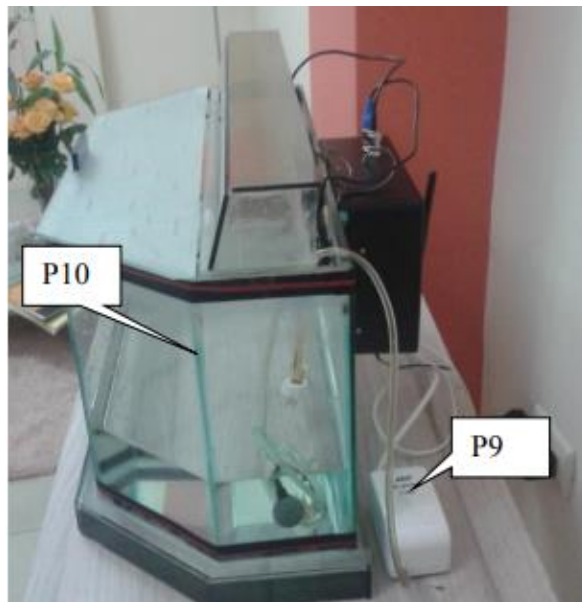


Fuente: Dulanto (2011).

En Guayaquil (Ecuador), Rivera y Yepez (2015) en su trabajo “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” realizaron un estudio que tiene como objetivo optimizar el proceso de recolección de información relacionada a la calidad del agua de estanques, por medio de la construcción de un sistema automatizado que monitoree el cultivo de peces en la etapa de producción. Para ello emplearon el método experimental, de campo, teórico e inductivo. Obtuvieron como resultado que los principales parámetros para una condición óptima de ambiente para la producción de especies acuáticas son: Oxígeno Disuelto, Temperatura y potencial de Hidrógeno. También lograron automatizar la recolección de datos que comúnmente se realizaba de forma manual y obtuvieron más número de mediciones para futuros análisis (Rivera y Yepez, 2015).

Figura 3.

Estanque prototipo.



Fuente: Rivera y Yopez (2015).

Asimismo, Beltrán (2014) diseñó un “sistema de monitoreo de estanques truchas San Isidro”, debido a que la mortalidad de los peces (trucha) era directamente proporcional a la falta de controles, ya sea en temperatura, oxígeno, niveles de agua, entre otros. En su documento plantean como fin el diseño e implementación de un sistema que dé solución a dicha problemática. Con dicho sistema de monitoreo lograron reducir las infecciones y mortalidad de la Trucha, además de entregar un producto de calidad.

Calderón (2016) en su estudio “evaluación de la temperatura y pH del agua de los estanques para mejorar el crecimiento de alevines de tilapia roja en la hacienda “el gran manantial” parroquia pacto al noroccidente de Quito” plantea como objetivo optimizar el crecimiento de alevines de tilapia roja en Pacto, a través de una evaluación de controles de pH y temperatura del agua en los estanques. Dicho estudio concluyó que ambos factores pueden disminuir la mortalidad, aumentar la productividad, mejorar el tamaño y el peso de dichos peses.

En Colombia, (López y Cubillos, 2016) en su tesis de pregrado titulada “diseño e implementación de un sistema de monitoreo que permita la lectura de temperatura y pH y regule el nivel del agua de un acuario del laboratorio de acuicultura del programa de zootecnia de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá” plantean como objetivo implementar un sistema de monitoreo que mida la temperatura, pH y permita regular el nivel del agua para que las especies se encuentren en un ambiente adecuado. Para ello, utilizaron sensores para el hardware y un servidor HTTP como software, este último permite ver en tiempo real los valores de las variables, datos históricos y demás. La construcción de este permitió monitorear dicho acuario y el estado del agua, sin que los responsables se encuentren presentes en el laboratorio de la universidad.

En Neiva, Dussán et al. (2016) implementaron un dispositivo que se encargó de monitorear el oxígeno disuelto y la temperatura del agua en un estanque de tilapias ubicado en granja piscícola de Campoalegre, Huila con el propósito de ayudar en la reducción de las cifras de mortalidad de estos peces, ocasionada por cambios drásticos en estas variables. Dicho dispositivo estaba compuesto de sensores, ATMEGA 328P como microprocesador y memoria micro SD como dispositivo de almacenamiento de datos, luego eran enviados a una interfaz gráfica por medio de Bluetooth HC-05 y desde una app móvil el usuario observaba el comportamiento de las variables. En este estudio llamado “Diseño e implementación de un prototipo electrónico para monitoreo de parámetros físico-químicos en cultivo de tilapia a través de una aplicación móvil”, concluyen que el prototipo funciona de manera eficaz en el monitoreo de las variables, al igual que la interfaz y puede convertirse en un instrumento que ayude a reducir la mortalidad en este tipo de estanques, apoyado en la toma de decisiones basadas de un análisis de datos.

Figura 4.

Prototipo recolectando datos en campo.



Fuente: Dussán et al (2016).

Flores y Aracena (2018), en su investigación “Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones” desarrollaron un prototipo de monitoreo en tiempo real para cultivos de peces cuyo propósito era automatizar la recolección de datos e impedir accidentes. Este dispositivo medía sensores ambientales y variables del agua. XBee fue su módulo de comunicación inalámbrica y Arduino su microcontrolador. Los datos recolectados podían ser vistos en computador o móvil con acceso a internet. Aunque algunos sensores presentaron fallas en la recolección de datos (relacionadas con la calidad y costo de estos) el dispositivo fue eficaz y funcional.

Figura 5.

Nodo recolector en Estanque.



Fuente: Flores y Aracena (2018).

En la Universidad Piloto De Colombia, Arévalo (2018), diseñó un prototipo de bajo costo que mide variables como la temperatura, turbidez y pH de manantiales o pozos en zonas rurales de Tibaná-Boyacá, para ello emplearon sensores, microcontrolador Arduino y un dispositivo IoT. La información recolectada era vista en tiempo real al ingresar a un aplicativo web, además contó con GPS para conocer la ubicación del manantial que se monitoreaba. En su trabajo de grado titulado “prototipo de un sistema de monitoreo de calidad del agua subterránea en instalaciones de captación de una localidad rural del municipio de Tibaná – Boyacá” obtuvo como producto un dispositivo funcional, apto para zonas rurales, portable y fácil de utilizar; también exponen que la calidad y precio de algunos elementos repercute en el rendimiento de estos mismos.

Figura 6.

Prototipo en Pozo central del pueblo de Tibaná.



Fuente: Arévalo (2018).

Por último, Hoyos (2019) en su tesis de maestría “Monitoreo y control de un estanque para producción piscícola” desarrolla un dispositivo que monitorea variables como el pH, temperatura, luz, nivel y oxígeno disuelto. Este prototipo se basó en microcontroladores XBEE y ATMEL, la programación fue a través de software libre, red de comunicación WPAN y la conexión de radiofrecuencia. Estas variables físico-químicas se visualizan de manera online. Como resultado obtuvo un sistema funcional y con un error mínimo de $\pm 5\%$.

Figura 7.

Prototipo en prueba de campo.



Fuente: Hoyos (2019).

4.2.Marco conceptual

4.2.1. Acuicultura

La acuicultura es aquella actividad que implica un conjunto de acciones, técnicas o conocimientos para llevar a cabo un cultivo de especímenes vivos acuáticos. Esta actividad permite el incremento selectivo de la producción para ser usada en la alimentación humana, industrial, entre otros aspectos. (López y Cubillos, 2016).

Figura 8.

Cultivo de Tilapia Roja en estanque de tierra.



Fuente: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (2013).

Este tipo de cultivo puede realizarse en diversos ambientes acuáticos, por ejemplo, estantes, ríos u océanos. Estos ambientes tienen las características necesarias para lograr un espécimen apropiado según su uso. (López y Cubillos, 2016)

4.2.2. Calidad de Agua

La calidad del agua es la unificación de características que posee el agua, de tal forma que pueden afectar o mejorar su aplicación dependiendo de su uso. Además, la evaluación del agua ostenta múltiples enfoques el cual estudia varios tipos de naturaleza, tales como, la física, la química y la biológica (Mejía, 2005, p.6).

Tabla 1

Escala de valoración de índice de calidad de aguas marinas y costeras.

Escala de calidad	Color	Categorías	Descripción
Optima	Azul	100 – 90	Calidad excelente del agua.
Adecuada	Verde	90 – 70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática.
Aceptable	Amarillo	70 – 50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso.
Inadecuada	Naranja	50 – 25	Agua que presenta muchas restricciones de uso.
Pésima	rojo	25 - 0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado.

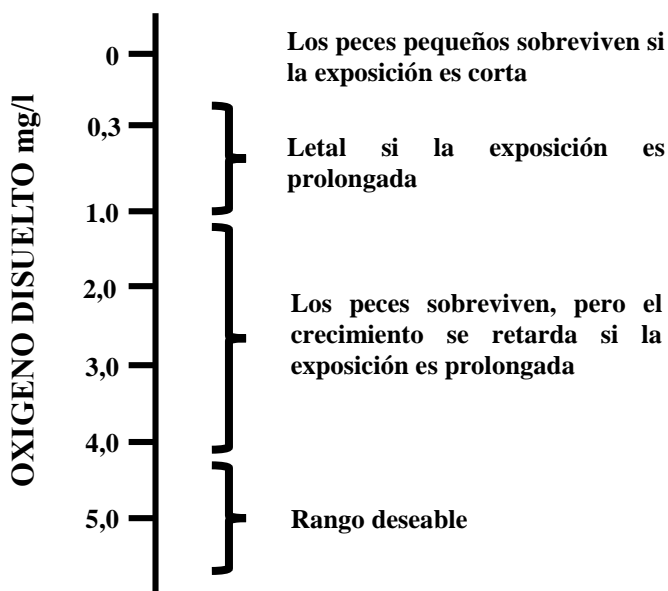
Fuente: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés [INVEMAR] (2014).

4.2.3. Oxígeno Disuelto

Esta variable es necesaria para la respiración de los microorganismos y para otras formas de vida, así mismo, es una medida de la capacidad del agua para sostener vida acuática; permite medir y controlar los niveles de oxígeno, conocer la supervivencia de las especies y los procesos biológicos de producción. “Las reducciones por debajo del porcentaje de saturación generan efectos negativos sobre la biodiversidad, el crecimiento, la reproducción y la actividad de las especies” (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés [INVEMAR] (2014).

Figura 9.

Efecto de la concentración de OD sobre los peces en un estanque.



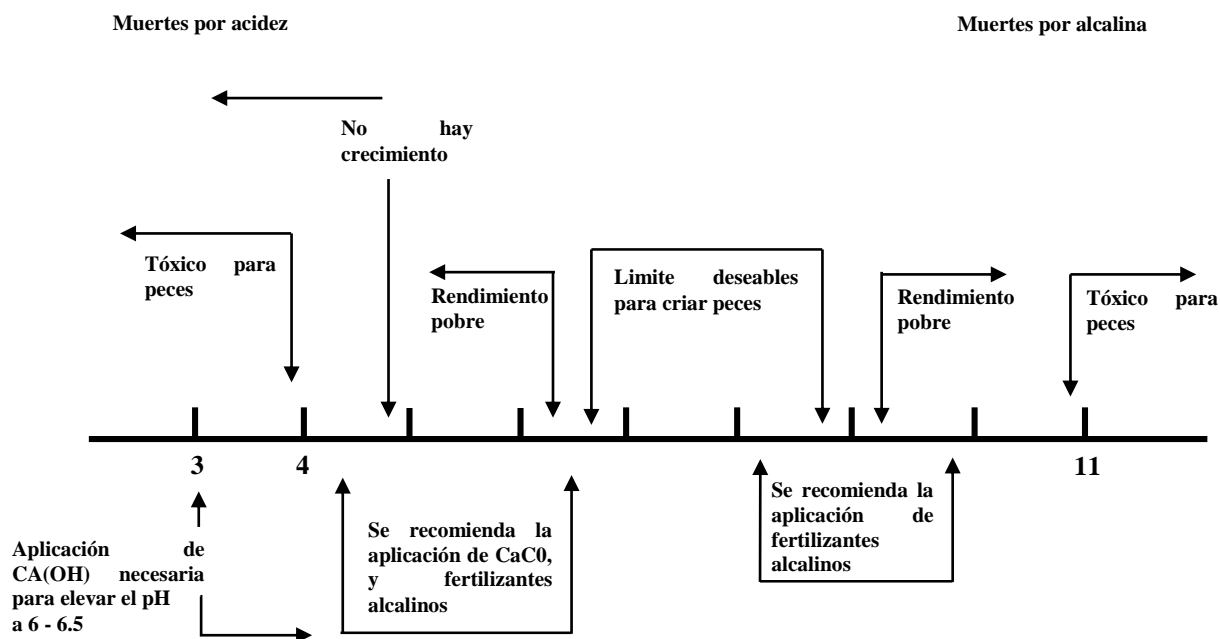
Fuente: Rodríguez (s.f).

4.2.4. Potencial de Hidrogeno (Ph)

Es la composición del ion hidrogeno en el agua, y es el factor que determina si el agua es acida o básica, su escala es de 0 a 14 y si el pH es 7 es índice de que el agua es neutra. Cuando el índice se encuentra por debajo de 7 indica que es acida y es esta sobre 7 indica que es básica, esta variable está asociada a la concentración de dióxido de carbono en el agua, el cual es fuertemente ácido. Y como las plantas tienen una demanda de este componente en el día, el índice de pH es elevado. Caso contrario que ocurre en la noche, cuando las plantas producen dióxido de carbono disminuyendo así el índice de pH en la noche (Rodríguez, s.f).

Figura 10.

Efecto del pH sobre los peces en un estanque.



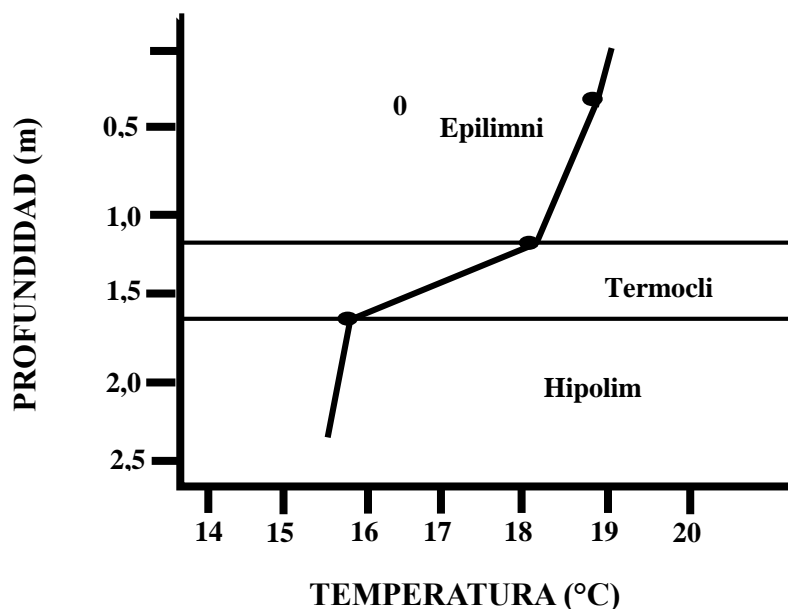
Fuente: Rodríguez (s.f).

4.2.5. Temperatura

La temperatura rige algunos parámetros físicos, químicos y biológicos, tales como la evaporación y la solubilidad de los gases. Dentro de los biológicos están los procesos metabólicos como la respiración, nutrición, actividad de las bacterias en la descomposición de la materia orgánica, etc.; de ahí la necesidad de conocer y evaluar los cambios de temperatura del agua. Es importante considerar que los peces no tienen capacidad propia para regular su temperatura corporal y ésta depende del medio acuático en que viven (Rodríguez, s. f).

Figura 11.

Estratificación térmica en un embalse.



Fuente: Rodríguez (s.f).

4.2.6. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también llamados Objetivos Mundiales, fueron acordados por los Estados Miembros de la ONU en 2015 con el objetivo de terminar con la pobreza, garantizar la prosperidad de las personas y proteger el planeta. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2020, Párr.1)

Los ODS simboliza la unión de países y personas a nivel mundial con un objetivo en común, pensando en el futuro del planeta y de todos (Organización de las Naciones Unidas [ONU], s.f. Parr.5). Estos objetivos se encuentran relacionados entre sí, por lo que los resultados de uno afectaran a otros. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2020, Párr.2)

Son 17 ODS de aplicación mundial, que contemplan los niveles de desarrollo, capacidades y realidades de cada país, respetando las políticas de estos. Sin embargo, cada país es libre de establecer las metas específicas que permitirán llegar al ODS, así mismo las estrategias o políticas. (Organización de las Naciones Unidas [ONU], s.f.)

Según la página de ONU Colombia (2016) los ODS relacionados con este proyecto son:

“Objetivo 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”

“Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades”

“Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos”

“Objetivo 9: Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación”

“Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”

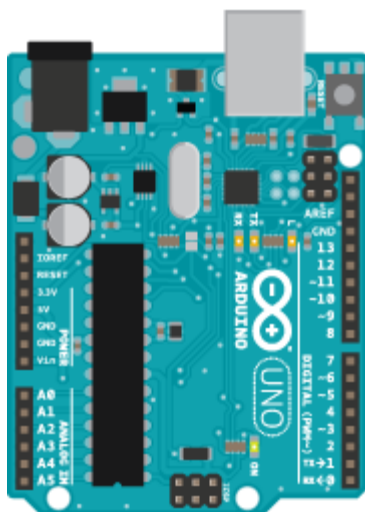
4.3.Marco tecnológico

4.3.1. Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar. Las placas Arduino son capaces de leer las entradas-luz en un sensor, un dedo en un botón, o un mensaje de Twitter-y convertirlo en una salida-activando un motor, encender un LED, publicar algo en línea. Puede decirle a su tabla qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en la pizarra. Para ello se utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en cableado), y el software de Arduino (IDE), basado en el procesamiento.

Figura 12.

Placa Arduino.



Fuente: Arduino (s.f.).

Originalmente comenzó como un proyecto de investigación de Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, y David Mellis en el Instituto de diseño de interacción de Ivrea a principios de la década de 2000, se basa en el proyecto de procesamiento, un lenguaje para aprender a codificar en el contexto de las artes visuales desarrolladas por Casey Reas y Ben Fry, así como un proyecto de tesis de Hernando Barragan sobre la Junta de cableado. (Arduino, s, f).

4.3.2. Digi XBee

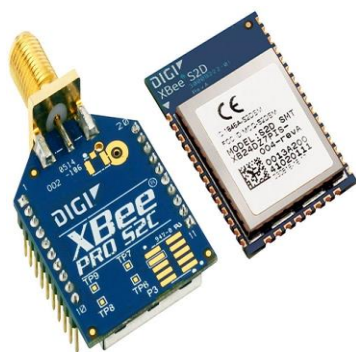
Digi International Inc. se formó en 1985 como una corporación de Minnesota y se reorganizó como una corporación de Delaware en 1989 en conjunción con su oferta pública inicial.

Los módulos RF de Digi XBee proporcionan conectividad inalámbrica en una amplia gama de protocolos y factores de forma para respaldar las aplicaciones de baja potencia de hoy en día. Fácil de implementar, pre-certificada y configurable usando XCTU y la aplicación móvil

XBee, estos módulos de bajo costo soportan todos sus requisitos de diseño inalámbrico. (Digi XBee, s, f).

Figura 13.

Módulo DigiXBee S2C.



Fuente: DigiXBee (s,f)

4.3.3. Atlas Scientific

4.3.3.1. Sensor de pH de Atlas Scientific.

Este sensor es fabricado y distribuido por Atlas Scientific. Tiene un rango de trabajo de 0 – 14 pH, puede soportar una presión máxima de 100PSI y una profundidad máxima de 60m, no necesita mantenimiento, su vida útil es de más de 2.5 años y puede ser recalibrado cada año aproximadamente. Este dispositivo cuenta con un circuito acondicionador de señal o plus, el cual permitirá administrar el dispositivo. (Atlas Scientific, s. f).

Figura 14.*Sonda p.H.*

Fuente: AtlaScientific (s.f).

4.3.3.2. Sensor de Oxígeno Disuelto (OD) Dissolved Oxygen de Atlas Scientific.

Este sensor es fabricado y distribuido por Atlas Scientific. Tiene un rango de operación de 0 – 100 mg/L, puede soportar una presión de hasta 500 PSI, puede sumergirse hasta 343 m, la recalibración del sensor es cada año aproximadamente, tiene una vida útil de más de 5 años y su mantenimiento es cada 18 meses. Este dispositivo cuenta con un plus o circuito acondicionar de señal EZO Dissolved Oxygen Circuit, el cual ayuda a interpretar los datos y facilita la configuración del sensor, este tiene un consumo energético de 3.3 a 5 V, el formato de datos con el que trabaja es ASCII, puede obtener 1 lectura por segundo y cuenta con dos protocolos de comunicación, el UART y el I2C (AtlasScientific, s.f).

Figura 15.

Sonda de Oxígeno Disuelto (D.O).



Fuente: AtlaScientific (s,f).

4.3.4. Sensor de temperatura PT – 1000

Este sensor es fabricado y distribuido por Atlas Scientific, tiene un rango de operación de -200°C a 850°C , su vida útil es de 15 años, después de calibrarse para su uso, necesita de una calibración nuevamente de 3 a 5 años, este sensor puede estar en contacto con el agua las 24 horas del día. Este dispositivo viene con un plus, el cual es un circuito acondicionar de señal el cual ayudara y facilitara su configuración, este plus es el EZO RTD y tiene una demanda de voltaje de 3.3 a 5.5 V, el formato de datos con el que trabaja es el ASCII (facilitando su manejo y tratamiento), puede obtener una lectura por segundo, cuenta con 2 protocolos de comunicación, el UART y el I2C. y puede almacenar hasta 20 lecturas. (AtlasScientific, s. f).

Figura 16.

Sensor de Temperatura PT-1000.



Fuente: AtlaScientific (s.f).

4.3.5. *Sensor de temperatura DS18B20*

Este sensor es fabricado por DALLAS semiconductor y Maxim Integrated. Tiene un rango de operación de -200°C a 850°C , su voltaje de operación es de 3 a 5.5 V, puede estar en contacto con el agua, pero no por largos periodos de tiempo. (Maxim Integrated, s. f).

4.3.6. *Tentacle Shield*

El Tentacle Shield es un escudo Arduino que alberga y aísla individualmente hasta 4 circuitos EZO de Atlas Scientific para medir oxígeno disuelto, PH, potencial de oxidación-reducción (ORP), RTD (temperatura) y conductividad eléctrica (EC). Este hardware es de código abierto, certificado con UID CH000003, licencia de Creative Commons BY-SA 4.0 para los diseños y esquemas. La marca comercial "Tentacle" y los gráficos serigráficos son propiedad intelectual de Whitebox Labs. (Whiteboxes, s.f.)

Con esta interfaz se puede medir los datos de diversos sensores de forma fácil y rápida, no necesita cableado, tiene multiplexación y aislamiento eléctrico, es apilable, puede monitorear hasta 8 sensores a la vez, funciona tanto en modo UART como en modo I2C. (Whiteboxes, s.f.)

Figura 17.

Whitebox Labs Tentacle Shield.



Fuente: Whiteboxes (s.f.).

4.3.7. Equipo Multiparámetro

Es el equipo de medición en campo más empleado para monitorear la calidad de agua, este dispositivo tiene una gran sensibilidad ideal para utilizarlo en ríos, lagos y mares, ya que al sumergir la sonda puede realizar lecturas de manera muy rápida. Además, se destaca por ser impermeable, resistente y fácil de usar. Sin embargo, se debe calibrar de manera constante para garantizar resultados confiables. (Valencia et al., 2019)

Algunos de estos instrumentos pueden medir múltiples variables simultáneamente, tales como Potencial de Óxido Reducción, iones de nitrato, amonio, cloruro, turbidez, resistividad, TDS (Sólidos Totales Disueltos), salinidad, gravedad específica del agua, conductividad, pH, temperatura y oxígeno disuelto. (Valencia et al., 2019)

Figura 18.

Ejemplos de equipos multiparametros



Fuente: (Valencia et al. 2019).

4.4. Marco metodológico

El desarrollo del presente proyecto fue realizado en un ambiente simulado donde se llevó a cabo el desarrollo y crecimiento de peces en pequeña escala para que las condiciones del medio pudieran ser lo más parecidas posibles a un estanque de cultivos normales. Para ello este proyecto se desarrolló en tres fases, la cuales se mencionan a continuación:

- La primera fase consiste en diseñar un prototipo electrónico para la lectura y registro de pH, oxígeno disuelto y temperatura en estanques de cultivo de peces.
- La segunda fase implica la selección de un protocolo de comunicación para la transmisión de información entre nodos sensores.
- La tercera fase consiste en evaluar el prototipo funcional a través de pruebas de campo en ambientes controlados simulando las variables físico-químicas presentes en un estanque de peces.

Para el desarrollo de estas fases se plantea una metodología para cada una.

4.4.1. Diseñar un prototipo electrónico para la lectura y registro de pH, oxígeno disuelto y temperatura en estanques de cultivo de peces

Para llevar a cabo esta fase fue necesario la investigación, comparación y evaluación de diferentes dispositivos que cumplirían las funcionalidades del prototipo y que a su vez deberían de cumplir unos parámetros de funcionamiento, desarrollo y mantenimiento para que al momento de la implementación el dispositivo final pueda ser de fácil desarrollo, con un correcto funcionamiento y que a su vez su mantenimiento no fuera complejo ni tedioso.

Teniendo en cuenta lo anterior se toman los siguientes parámetros de selección:

- Horas de trabajo continuo.
- Integración con diferentes dispositivos.
- Documentación.
- Fácil configuración.

4.4.1.1 Plataforma de desarrollo.

Para la selección de la plataforma de desarrollo se tomaron como referentes tres dispositivos, los cuales son los que mejor se amoldan a los requerimientos anteriormente planteados. A continuación, se comparan estos dispositivos por medio de una tabla la cual presenta sus principales características y se evaluaron tomando en cuenta que este será la base para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 2

Comparativa de plataformas (Arduino, NodeMCU y Raspberry).

Características	Dispositivos	Arduino Atmega 328P	NodeMCU ESP8266	Raspberry Pi 3 B+ CorteC-A53 (ARMv8)
Voltaje de operación		5 v	3.3 v	5 v
Consumo de corriente		20 - 50 mA	80 - 110 mA	2.5 A
Velocidad de reloj		16 MHz	80 MHz	1.4 GHz
Memoria flash		32 KB	4 MB	1 GB

Fuente: Elaboración propia (2019).

Las plataformas antes expuestas son las más representativas, documentadas, asequibles, con una mayor integración de dispositivos de diferentes fabricantes y que a la hora de trabajos continuos son las que mejor desempeño tienen en este campo, todo esto es documentado, descrito y ejemplificado en los documentos y guías que se pueden encontrar en las páginas oficiales de cada una de estas plataformas.

Tomando como referencia la tabla anterior, se evaluaron cada ítem:

- **Voltaje de operación:** A la hora de fabricar un dispositivo electrónico, este factor tiene un papel fundamental ya que este determinara con cuanto voltaje deberá ser alimentado nuestro dispositivo, este ítem muestra con cuanto será el voltaje máximo que se podrá alimentar nuestra plataforma y que si es suministrado un menor voltaje acarreará que nuestro dispositivo no cumpla a cabalidad con las tareas programadas, y si es alimentado con un valor mayor se corre el riesgo de que el dispositivo presente un corto circuito. En la tabla de comparación el que menor voltaje operativo tiene es el NodeMCU con 3.3V siguiendo el Arduino y Raspberry Pi 3 B+ con 5V.
- **Consumo de corriente:** Este ítem va de la mano con el ítem anterior, pero con la diferencia de que este ayuda a determinar cuál será el consumo de nuestro dispositivo en una periodo de tiempo determinado (por hora), este ítem permite calcular la cantidad de

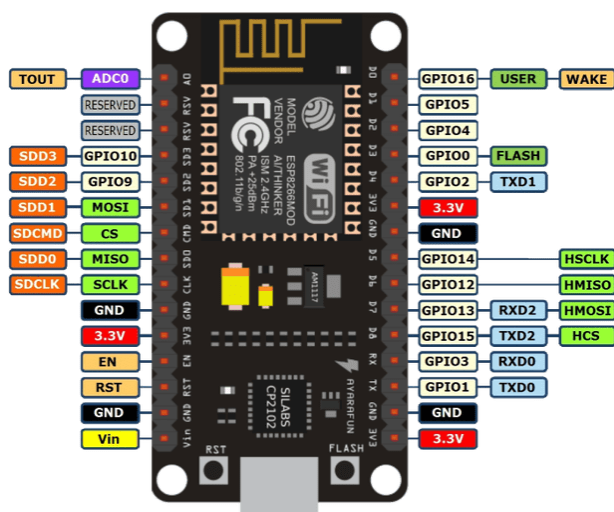
tiempo aproximado que podría suplir la demanda eléctrica a cualquier dispositivo en caso de contar con una batería, en nuestro caso este factor tiene mayor prioridad con respecto a los demás ya que como se está evaluando la base de nuestro dispositivo, lo ideal sería que la demanda de corriente eléctrica fuera la mínima, que según la tabla es cumplida por Arduino con rangos de funcionamiento entre 20 a 50 mA, siguiendo el NodeMCU con 80 a 110 mA y el que mayor consumo tiene es la Raspberry Pi 3 B+ con 2.5 A.

- **Velocidad de reloj:** Tomando en cuenta que este ítem muestra la cantidad de tiempo que tarda en resolver cierto dispositivo cualquier cálculo matemático u operación, a la hora de implementar en este proyecto no tiene un gran impacto el alto valor de este, ya que como nuestra plataforma de desarrollo solo se implementara en los nodos recolectores de información, estos no exigen una gran demanda de este, sin embargo no se debe menos preciar este ítem pero a la hora del desarrollo de nuestro dispositivo una gran velocidad de cálculo o de reloj, significa un mayor consumo eléctrico. Arduino cuenta con una velocidad promedio de 16 MHz que para la demanda de los nodos es más que suficiente para que cumpla con las funcionalidades del mismo, seguido del NodeMCU con 80 MHz y por último y con mayor velocidad de reloj lo tiene la Raspberry Pi 3 B+ con 1.4 GHz.
- **Memoria flash:** Este ítem determina el tamaño de nuestro código o sketch ya compilado, la memoria flash es una memoria no volátil, es decir, que no se borrara en caso de que se interrumpa el suministro eléctrico, se puede ejecutar el código desde esta memoria pero no permite que se modifiquen valores, este ítem permitirá saber que tan pesado a nivel de byte es nuestro archivo que gestiona las funciones de nuestra plataforma con respecto a los demás dispositivos integrados que en el caso del desarrollo de nuestro dispositivo no superara el tamaño de 3 KB ya que los dispositivos que integraremos a la plataforma cuenta con librerías que ayudaran a optimizar y disminuir el tamaño de nuestro código por medio de funciones.

Se determina entonces que la plataforma con las mejores características con respecto al desarrollo e implementación de nuestro dispositivo es el Arduino, ya que este no tiene una gran demanda de corriente eléctrica, su memoria flash y velocidad de reloj cumple con las funcionalidades de nuestro proyecto y en comparación con las otras dos plataformas, el NodeMCU es usado principalmente cuando se necesite de una red de diferentes dispositivos que en el mejor de los casos demande una conexión permanente a un red para poder compartir estos datos sea con ellos mismo o con un hosting en la red para su almacenamiento. Y para finalizar y no menos importante tenemos la Raspberry que es una plataforma bastante robusta con respecto a las demás pero que su robustez es representada con su velocidad de procesamiento y el consumo que esta tiene, determinando así que para desarrollos de proyectos con una alta demanda de procesamiento de datos esta cumpliría a cabalidad sus necesidades pero que en nuestro caso donde solo recolectaríamos, almacenaríamos y enviaríamos los datos no es indispensable esta velocidad de procesamiento.

Figura 19.

NodeMCU.



Fuente: Sigma electrónica (s.f.).

4.4.1.2 Recolección de datos.

Para esta actividad fue indispensable tener en cuenta algunos aspectos antes de seleccionar los dispositivos que se encargaron de tomar los datos del estanque, ya que hay factores que juegan un papel fundamental a la hora de tomar las mediciones y como se tomarían estas lecturas.

Para ello se dispuso de unos parámetros que determinarían la funcionalidad y selección de los dispositivos para el proyecto, garantizando de ese modo, un uso correcto de los recursos dispuestos en el mercado.

- **Horas de trabajo:** la finalidad de este proyecto es la construcción de un prototipo que servirá como base para futuras investigaciones y análisis, como tal una de sus funcionalidades es que este tome datos del estanque en un lapso de tiempo determinado y continuo sin que se interrumpa esta actividad por motivos ajenos al dispositivo. Es decir, el dispositivo debe cumplir horas de trabajo de 24/7 continuas donde este periodo no debe de interferir con la veracidad de los datos tomados.
- **Ambiente de trabajo:** el ambiente como ya bien se sabe, es en un estanque de cultivo de peces, como tal los dispositivos de toma de datos deben estar inmersos en él, todo el tiempo para que no ocurra fallas en la toma de estos datos y para que no sea necesario la presencia continua de un operador.
- **Composición del ambiente:** como tal, el agua o ambiente en donde se tomarán los datos estará situado en la intemperie donde el ambiente que lo rodea como los procesos que se llevan internamente dentro del estanque afectarán en gran medida la composición del agua consecuente a este los materiales de los dispositivos deberán soportar tales cambios.

En el mercado existen muchos dispositivos que proporcionan parcialmente estos parámetros, ya que estos no están diseñados para horas de trabajo continuo ni estar expuestos al agua durante tanto tiempo. Sin embargo, Atlas Scientific ofrece dispositivos capaces de suplir estas necesidades ya que este es especialista en la producción y distribución de dispositivos industriales y semiindustriales que ayudaran al desarrollo de nuestro proyecto. Entre su abanico de opciones se encuentran dispositivos que se amoldan a nuestras necesidades. Por lo cual se optó por los kits de pH, oxígeno disuelto (D.O) y temperatura que adicional a las sondas sensores que son las captadoras de datos, proporcionan un circuito para la gestión de estas sondas y con la facilidad de una shield o “plataforma” en la cual se integran estos circuitos en conjuntos para una mayor eficiencia y ahorro de espacio.

4.4.1.3 Gestión de los datos.

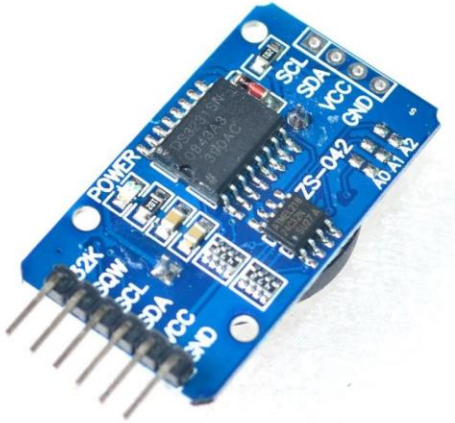
Para llevar a cabo la gestión de los datos recolectados fue necesario establecer un orden y control de estos datos, ya que estos no tendrían valor si no se les asocia un dato el cual llevaría el control del tiempo, que en nuestro caso serían los datos correspondientes al día y la hora en la cual son tomados estos datos.

Este control es posible porque se integran a la plataforma de desarrollo dos dispositivos adicionales, el dispositivo que llevara el control de la fecha (RTC Ds3231) y otro que ayudara al almacenamiento de información en un archivo plano (Tarjeta para uSD micro SD).

La función principal del RTC es la de un reloj en tiempo real que llevara en todo momento los datos de la fecha y la hora para el control de los datos, esto es gracias a que este cuenta con una batería incluida que le permite llevar este control, aunque sea interrumpida el flujo de corriente en la plataforma de desarrollo.

Figura 20.

Módulo con reloj de tiempo real RTC DS3231.

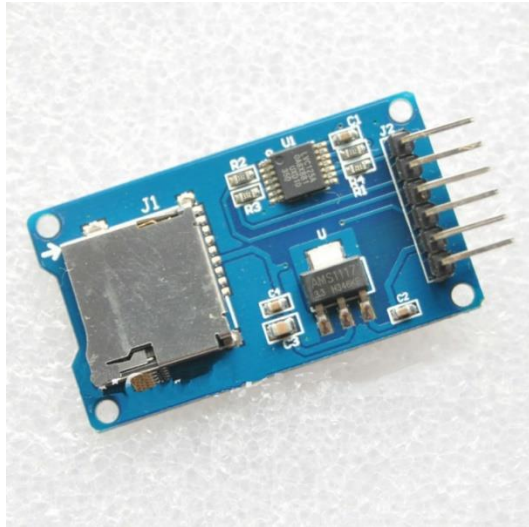


Fuente: Didácticas Electrónicas (2020).

La Tarjeta uSD se encargará de la gestión del archivo que almacenara la información, esta permite la escritura y lectura de los archivos que se almacenaran en una tarjeta SD que es incorporada a este dispositivo y es administrada en base por la plataforma de desarrollo de la mano de este dispositivo. Este archivo servirá de respaldo en caso de eventualidades en el dispositivo con respecto a la comunicación con otros nodos, es tomado como medida preventiva en casos de fallas en este proceso.

Figura 21.

Tarjeta para uSD micro SD.



Fuente: Didácticas electrónicas (2020).

Por consiguiente, esta información será almacenada en un archivo de texto plano de formato .CSV que por experiencia este formato facilita la exportación e importación de datos hacia diferentes gestores de bases de datos y diferentes herramientas para la visualización de esta información. La información será almacenada de la siguiente manera:

Como se tienen diferentes sensores para la captación de datos, se establece un patrón de muestreo de 5 minutos, puesto que este tiempo es relativamente corto con respecto a los tomados anteriormente y el lapso es óptimo para determinar los cambios que se presentan en los estanques o los que se puedan presentar. Cada 5 minutos se toman todos los datos y se les asociara a ellos el dato de la fecha y la hora, serán almacenados en una sola línea de información que delimitara cada dato por medio de un punto y coma (;), aquí es establecido el orden en el cual se almacenan los datos y se lleva el control de estos, a su vez se implementa de esta forma por la facilidad que se tiene al momento de exportar el archivo a una base de datos.

4.4.1.4 Administración de la comunicación.

Para la selección del dispositivo que gestionó la comunicación entre los nodos de la red se toman en cuenta factores como:

- **Distancia o rango operacional:** como la finalidad de este proyecto era lograr una comunicación inalámbrica entre los nodos, este ítem en los dispositivos de comunicación tiene una mayor prioridad, ya que este determina a qué distancia se pueden establecer los nodos entre ellos y con el punto de acople que es donde estos transmitirán la información.
- **Voltaje de operación:** este ítem se toma en cuenta como en los anteriores casos ya que este ayuda a determinar el voltaje con el cual deberá ser alimentado estos dispositivos considerando las precauciones anteriormente mencionadas.
- **Velocidad de transmisión:** este ítem permite determinar el tiempo que puede tardar transmitir de un punto “A” a un punto “B” datos, teniendo en cuenta las mejores condiciones del medio.
- **Corriente de operación:** este ítem como en los anteriores casos ayuda a determinar cuál será el consumo de nuestro proyecto total y que se considera ya que la finalidad es elaborar un dispositivo capaz de cumplir las funciones de recolectar, almacenar y transmitir los datos que se recolectan de los estanques pero que el consumo eléctrico sea mínimo en caso de disponer de un banco de energía o batería externa.

Teniendo en cuenta estos ítems, la documentación y utilización de dispositivos en diferentes proyectos e investigaciones, se logró delimitar a un cuadro comparativo con los dispositivos que mejor se amoldan a las necesidades del proyecto.

Tabla 3

Tabla comparativa entre dispositivos de conexión inalámbrica (Radio frecuencia, Wifi y Bluetooth).

Tipo de tecnología	Radiofrecuencia	Wifi	Bluetooth
Características Dispositivos	Xbee Proo Atmega 328P	NodeMCU ESP8266	Modulo Bluetooth HC06
Voltaje de operación	2.7 - 3.6 V	3.3 V 80 - 110	3.3 - 6 V
Consumo de corriente	28 - 120 mA	mA	50 mA
Velocidad de transmisión	RF 250 Kbps, serial hasta 1 Mbps	11 - 30 Mbps	160 Kbps - 2.1 Mbps
Rango de operación	90 - 3200 m	300 m	10 m

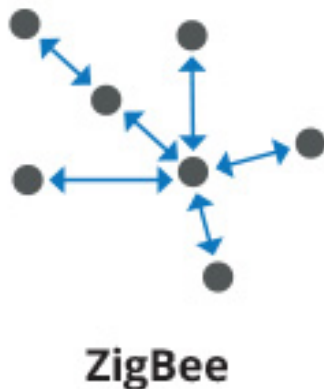
Fuente: Elaboración propia (2019).

Evaluando la anterior tabla donde fueron expuestas las principales características de cada uno de los dispositivos preseleccionados y teniendo en cuenta que, en el trabajo realizado por Tirado, M. en el 2015 titulado “Red inalámbrica de sensores para el monitoreo de la calidad del agua de la micro cuenca del rio Quero” y donde en la investigación preliminar para la elaboración del proyecto se compararon diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica, ellos adoptaron ZigBee como tecnología para la comunicación, ya que esta presenta una mayor fiabilidad a la hora del transporte de los datos. Un bajo consumo eléctrico en “Stand by” y en funcionamiento. Y un bajo costo de los dispositivos si se decide llevar a cabo una producción a mediana y gran escala.

Destacando lo anterior y teniendo en cuenta factores topográficos, el dispositivo con mejores prestaciones para el proyecto es el ZigBee, ya que su rango operacional permite una mayor distribución de los nodos sensores dejando así de lado los posibles inconvenientes de accesibilidad o distancia que se puedan presentar en los estanques con respecto al centro de control donde se gestionaría la piscícola.

Figura 22.

Topología Xbee ZigBee.



Fuente: Digi (2018).

4.4.2 Seleccionar un protocolo de comunicación para la transmisión de información entre nodos sensores

A continuación, se evaluó, comparó y determinó cuáles son los protocolos de comunicaciones para el desarrollo de nuestro proyecto. Cabe recalcar que algunos dispositivos soportan diferentes protocolos pero que a la hora de la configuración y mantenimiento se hace más eficiente la adopción de un protocolo en general para el dispositivo final ya que se ahorraría código y tiempo a la hora del procesamiento de estas instrucciones. Algunos de los factores que se tuvieron en cuenta para la selección y configuración del protocolo son las siguientes:

4.4.1.1 Estructura de datos.

Se determinó la forma en la cual se transmiten los datos teniendo en cuenta la estructura de estos y la forma en la cual se almacenan en el dispositivo. Este ítem tiene un impacto relativamente alto en el proyecto, ya que este determina el consumo en byte de los datos que se almacena internamente y la forma en la cual se transmiten estos datos hacia el nodo receptor.

Teniendo en cuenta esto, el almacenamiento y transmisión de datos se llevó a cabo transmitiendo esto en un texto plano en donde se delimitó cada dato por medio de un punto y coma (;) y donde cada recolección de estos datos equivaldría a una línea de texto y a una trama de transmisión.

Figura 23.

Estructura de datos para almacenamiento y transmisión.

28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562

Fuente: Elaboración propia (2019).

Como se puede observar en la imagen anterior este es la forma en la cual se almacenan y transmiten los datos, delimitando cada dato por medio de un punto y coma transmitiendo en total 8 datos los cuales especificaran los sensores capturadores de información y los datos de fecha y hora para el control de estos.

Tabla 4

Relación de los valores consignados en la trama de transmisión con la característica correspondiente a cada uno.

<i>Dato</i>	<i>Característica</i>
28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562	El primer dato corresponde al dato de la fecha para darle el orden de los días al archivo o texto que se envía.
28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562	El segundo dato corresponde a la hora del día en la cual se recolecta la

28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562

información y está en formato militar.

Los datos que están seleccionados en la imagen

corresponden a los sensores ubicados en la parte superficial del estanque y equivalen al pH, oxígeno disuelto y la temperatura.

28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562

Este dato corresponde al valor del pH, el rango operacional es de 0 – 14.

28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562

Este dato corresponde al valor del oxígeno disuelto y su rango operacional es de 0.01 a 100 mg/L.

28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562

Este dato corresponde a la temperatura y el

rango operacional es de -200°C hasta 850°C .

28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562

Los datos seleccionados corresponden a los datos de pH, oxígeno disuelto y temperatura de los sensores ubicados en el fondo de los estanques.

28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562

Este dato corresponde al pH registrado en el fondo del estanque.

28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562

Este dato corresponde al oxígeno disuelto registrado en el fondo de los estanques.

28/09/2018;0:25;9,579;62,569;28,226;12,577;42,486;34,562

Este dato corresponde a la temperatura registrada en al fondo del estanque.

En la anterior tabla se detalla a que corresponde los valores los cuales se transmiten y se observa que cada valor consignado allí obedece a variables de control (tiempo) y variables correspondiente a los sensores inmersos en el estanque, cabe recalcar que cada uno de estos valores presentan rasgos distintivos que obedecen al tipo de dato correspondiente a ese valor, es decir, nótese que el dato correspondiente a la fecha está separada internamente por una barra (/) y que esta separación solo es vista en este dato, los datos restantes a las trama cada uno tiene una forma diferente de expresarse ya que cada uno representa tipos diferentes de información que si es organizada posteriormente pasara a transformarse en la información de los estanques en el tiempo determinado que allí aparece.

4.4.1.2 Periodicidad de transmisión.

Teniendo en cuenta el periodo de recolección de datos y el procesamiento necesario para la organización y almacenamiento de estos datos, se decidió transmitir los datos hacia el nodo receptor en este instante de tiempo para aprovechar ciertos factores que se mencionaran a continuación:

- Disminución de procesos: teniendo en cuenta que al momento en el que se almacenan los datos estarán organizados de la misma forma en la que se van a transmitir, la mejor oportunidad para transmitir es esta ya que solo se pasaría estos datos al módulo de XBee. Esto con el fin de disminuir procesos póstumos al almacenamiento ya que estos estarían en la uSD y para extraerlos de aquí es necesario realizar funciones que consumirían recursos, tiempo y energía que a largo plazo se reflejaría en el consumo del dispositivo.
- Información en tiempo real: procediendo a la toma de datos y luego a su transmisión al nodo receptor, la información transmitida seria en tiempo real ya que el nodo receptor tendría en todo momento la información del estanque ayudando de esta manera a que se pueda proceder a almacenar en una base de dato externa o extra en

la cual estos datos ya estarían a la disposición del operario para su extracción y análisis.

- Tiempo de respuesta: este punto es fundamental ya que en caso de que el acceso o la distancia del estanque sea un poco lejana, la transmisión al instante de los datos ayudaría al operador a reaccionar en el menor tiempo posible buscando de esta manera mitigar daños o afectaciones al cultivo de peces.
- Tamaño de los datos de transmisión: para este caso es necesario tomar en cuenta que entre mayor sea el tamaño de la trama o datos a transmitir, mayor es la probabilidad de pérdida de información en la transmisión y en ocasiones el tiempo de transmisión sea más largo ya que el dispositivo tendría que segmentar los datos para enviarlos en varios paquetes y no en uno como sería lo ideal, causando la probabilidad de pérdida de información o que la información transmitida no sea la misma que llegue al nodo receptor.

Teniendo en cuenta los anteriores factores se decidió transmitir los datos recolectados al momento de almacenarlos en la uSD, ahorrando tiempo, procesos, energía, disminuyendo el tiempo de reacción en caso de cualquier eventualidad y disminuyendo la probabilidad de pérdida de información en la transmisión de datos.

4.4.1.3 Protocolos de comunicación.

Este punto se abordará teniendo en cuenta que el dispositivo maneja dos tipos de comunicación, una comunicación interna que tiene los diferentes dispositivos adquiridos con la plataforma de desarrollo y una comunicación externa que es la que se hace inalámbricamente a partir de los XBee, por tal razón se divide este punto en dos para explicar cómo se lleva a cabo la comunicación interna del dispositivo y como se lleva a cabo la comunicación externa con el nodo receptor.

4.4.1.3.1. Comunicación interna.

Para analizar este punto es necesario tener en cuenta la heterogeneidad de los componentes y que cada uno de ellos es capaz de comunicarse con otros dispositivos siguiendo protocolos establecidos por el fabricante que pueden configurarse y que a su vez algunos poseen la característica de poder comunicarse con más de un protocolo, por tal razón se hace indispensable denotar cuales son los protocolos que pueden manejar cada uno de los dispositivos usados en el prototipo.

Tabla 5

Tabla demostrativa con los protocolos que puede manejar cada dispositivo.

Dispositivo	Protocolo de Comunicación
Arduino Uno Atmega 328p	UART, SPI & I ² C
EZO - pH Atlas Scientific (circuito sensor de pH)	UART & I ² C
EZO-DO Atlas Scientific (circuito sensor de Oxígeno Disuelto)	UART & I ² C
EZO -RTD Atlas Scientific (circuito sensor de temperatura)	UART & I ² C
Tentacle Shield for Arduino (base donde se integran los circuitos Ezo de Atlas Scientific)	UART & I ² C
RTC Ds3231	I ² C
Tarjeta para uSD micro SD	UART, SPI & I ² C

Fuente: Elaboración propia (2019).

Aquí se tiene que recalcar que todos los dispositivos que se adquirieron ya sea para la recolección, control, almacenamiento y comunicación del proyecto final se integran en su totalidad con Arduino que es la que administra cada tarea programada en los diferentes dispositivos, dicho esto y como se evidencia en la tabla la plataforma de Arduino soporta los 3 diferentes protocolos de comunicación que manejan los diferentes dispositivos adquiridos y esto

con el fin de poder comunicarse con cada uno de ellos. Se procede a explicar a detalle cómo se llevan a cabo los procesos de recolección, control y almacenamiento de la información vistos desde la transformación de los datos hasta la manera como se comunica cada componente con otro.

Se empieza desde el proceso de la recolección el cual es llevado a cabo por las sondas adquiridas de Atlas Scientific estas pueden arrojar datos cada segundo y donde estos datos son comunicados a través de los protocolos UART e I²C gracias a los circuitos EZO con los cuales se adquirieron cada sonda y donde estos estarán integrados a la shield tentacle la cual los administra y permite configurarlos de una manera más ágil y eficiente, esta shield está conectada directamente con la plataforma de Arduino por medio del protocolo de I²C la cual recibe estos datos individualmente por cada sonda y serán almacenados en variables para su póstuma organización y almacenamiento.

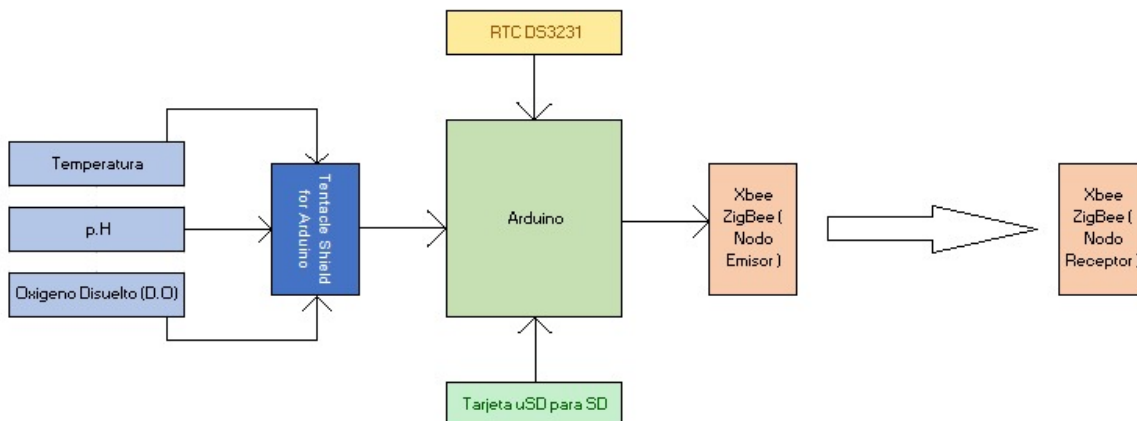
Para este punto los datos están en el Arduino y listos para ser organizados y almacenados en la uSD, para esto el Arduino necesita el dato de la fecha y hora los cuales son proporcionados por el RTC Ds3231 por el protocolo de I²C y donde posteriormente se relacionan estos datos con los de los sensores para darles un control de ellos, todo este proceso es supervisado por la plataforma de desarrollo que es la encargada del procesamiento de la información en el nodo emisor. Después de haber organizado la información como se detalló en el ítem anterior, se pasa al almacenamiento de la misma en la uSD en donde el Arduino se comunica por medio del protocolo SPI para depositar toda la información de la lectura en el archivo. En este punto se abra dado por terminado las tareas de recolección, procesamiento y almacenamiento de los datos por parte del Arduino y de los dispositivos que lo integran.

4.4.1.3.2 Comunicación externa.

Esta tarea es llevada a cabo por los Digi XBee que tienen la capacidad de transmitir información inalámbricamente por medio de los protocolos UART y SPI. Por configuración, velocidad y situación en la cual se probó el dispositivo se toma la decisión de configurarlo a

modo SPI, ya que esta permite una mayor velocidad de transmisión entre el Arduino y el Digi XBee, su configuración es más simple y las pruebas que se llevaran a cabo no requieren de una alta configuración, por esos motivos se optó por adoptar el protocolo SPI para la comunicación de la plataforma con el dispositivo de transmisión inalámbrica. El Arduino que es la plataforma que administra el nodo emisor se comunica por medio de SPI con el Digi XBee por medio de los puertos TX (puerto por donde se transmiten los datos) y RX (puerto por donde se reciben los datos) de ambos dispositivos, es decir que toda comunicación que el Arduino proporcione por el puerto TX la recibirá el Digi XBee y será transmitida.

Los Digi XBee tienen 2 formas de operación con respecto a la comunicación, el primero que es por medio de operación transparente (AT) en donde su interfaz simple transmitirá todos los datos que el Digi XBee reciba por parte del Arduino y su soporte sería mucho más fácil de administrar y configurar cuando la comunicación es punto a punto ya que en este modo no se forman paquetes en los cuales se especifica el XBee de origen ni el de destino. En cambio, la segunda forma de operación es la de API (Interfaz de Programación de Aplicaciones), en donde esta última estaría más enfocada a la comunicación multipunto donde la información es enviada en forma de tramas o frames en los cuales se especifica la dirección del módulo el cual recibirá el paquete, la longitud de los datos que se están transmitiendo y como opcional se podría enviar el estado en el cual se encuentra el XBee emisor facilitando así el envío de paquetes cuando se cuenta con diversos módulos en la red sin generar conflictos entre los paquetes transmitidos.

Figura 24.*Comunicación interna y externa.*

Fuente: Elaboración propia (2019).

Como en las pruebas del dispositivo solo se cuenta con dos módulos, se decide por adoptar el modo de operación transparente por la configuración de la red y la fácil configuración de este modo cuando solo se cuenta con comunicación punto a punto.

Cabe recalcar que para una fácil configuración de los dispositivos de comunicación es necesario el uso de XBee Explorer USB el cual permite conectar de manera eficiente el XBee con el computador y así poder configurarlo en el programa que proporciona el fabricante.

Figura 25.

XBee Explorer USB.



Fuente: Digi (2018).

La forma en la cual se configuran estos módulos tanto en modo transparente como en modo API es evidenciada en la guía XBee XCTU que podrá ser encontrada en la página *Digi.com* correspondiente a los anexos.

4.4.3 Evaluar el prototipo funcional a través de pruebas de campo en ambientes controlados simulando las variables físico-químicas presentes en un estanque de peces

Para este punto se dispuso de un estanque artesanal de pequeñas dimensiones para tener un mayor control de las variables que allí se midieron. Esto obedece a que mayor volumen de líquido es necesario una mayor cantidad de energía para alterar la temperatura añadiendo de igual forma que a un mayor volumen se necesitaría de una fuente constante y de mayor capacidad para poder oxigenar dicho estanque.

Por lo cual en los peces usados para las pruebas también se dispuso de un tipo que no alterarían en gran medida las características del agua y que las demandas de las dimensiones para su desarrollo no fueran muy exigentes ya que como se mencionó se dispuso de un espacio el cual se podría controlar algunas de las variables a tomar en las pruebas y esto fue posible por el volumen que allí disponía.

La evaluación de la funcionalidad del prototipo, esta consiste en realizar una lectura de los parámetros definidos, almacenarlos en una SD y enviarlos a través de señal de radiofrecuencia en formato txt a un dispositivo que se encuentre en un radio de distancia de 90 a 3.200 metros y que se encuentre conectado a esa misma señal. El prototipo cuenta con sensores específicos para cada variable (pH, oxígeno y temperatura) los cuales se encuentran en la superficie y el fondo del estanque, que permitirán realizar las mediciones de las variables que se desea conocer. El funcionamiento de este es comprobado con el almacenamiento y recepción/envío de la información.

Para poner a prueba el dispositivo se seleccionó el pescado *Cyphocharax magdalenae* por la poca profundidad en la que habita, su tamaño, la temperatura, oxígeno y ph de su hábitat. Este pez, popularmente llamado viejito, es muy conocido en la región y presenta las siguientes características:

Tabla 6*Ficha técnica del Cyphocharax magdalenae.*

Ficha Técnica	
Nombre científico:	Cyphocharax magdalenae
Nombre común:	Yalua, campaniz, campaniza, madre de bocachico, viejita, pincho, cachana, pachito.
Orden:	Characiformes
Familia:	Curimatidae
Género:	Cyphocharax
Especie:	C. magdalenae
Alimentación:	Come detritus y algas (incluyendo diatomeas).
Hábitat:	Habita en profundidades menores a 6 m Agua con pH entre 6-7,35 Conductividad entre 24,9-110 ms Oxígeno disuelto entre 0,61-8,1 mg.l-1 Temperaturas entre 26,5-31,2 °C Agua dulce
Distribución geográfica:	Cuencas de los ríos Magdalena, Atrato y Sinú ² en Colombia y ríos de la vertiente Pacífico de Panamá y del sudoeste de Costa Rica.
Longitud:	De 5,4 a 24 cm

Fuente: Elaboración propia, adaptado de fishbase.se (s.f), Comunidad íctica, (s.f), y Lasso et. al., (2011).

Figura 26.

Cyphocharax.



Fuente: fishbase (s.f.).

5. Resultados

Para el desarrollo del dispositivo y los ensayos con los datos que este recolectaba, se hizo necesario el desarrollo en simultaneo de dos softwares de apoyo que permitieron analizar los datos que se estaban recogiendo en las pruebas y así observar las posibles fallas que se pudieran estar presentando en el dispositivo y la forma en cómo se recolectaban los datos.

Como primer desarrollo se generó un software de nombre Data que procesaba la información ya almacenada en la micro SD que contenía el archivo de texto plano con formato .txt, este archivo era cargado al software para analizar uno de los datos que allí se almacenaban, es decir, solo se podría analizar la información almacenada por 1 de los sensores (pH). Este software mediante parámetros ya establecidos permite visualizar las fluctuaciones que puede tener esta variable en el estanque en un lapso de tiempo determinado, que para esta ocasión solo se contaban con datos almacenados entre los días 07/10/2019 hasta el 16/11/2019. Estos datos eran visualizados por medio de un gráfico que confrontaba la hora-fecha de recolección de los datos y el valor obtenido en ese instante de tiempo. Una de las opciones de la gráfica permitía realizar zoom de los puntos o zonas para un mayor análisis de estos, exportar esta grafica en formato .jpg (imagen) para ser utilizada en otra herramienta de su preferencia, exportar estos datos en formato pdf con la fecha y los valores expresados en la gráfica permitiendo de este modo poder trasladar los datos del sensor a otros dispositivos o computadores.

Como el primer software fue desarrollado para pruebas de una sola variable, se procedió al desarrollo de un software que permitiese la visualización de todas las variables que el dispositivo podía almacenar. Para lo cual se realiza el segundo software de nombre SoDEAP, acrónimo de Software para la visualización de Datos Exportados en Archivo Plano CSV, su mayor característica era permitir al usuario (después de haber cargado el archivo donde se almacenaban los datos) escoger que variable deseaba visualizar (pH, oxígeno disuelto o temperatura), si deseaba ver ambos sensores o uno solo (sensor en la superficie del estanque o sensor en el fondo) y establecer el lapso de tiempo en el que se visualizarían los datos. Fue evidente establecer estas

características puesto que se manejaban 3 tipos de variables con 2 datos para cada una por lo que era necesario determinar a detalle cuales datos deseaba ver el usuario.

Figura 27.

Prototipo funcional para recolección de datos.



Fuente: Elaboración propia (2019).

Después de poner a prueba el prototipo, que se muestra en la figura 27, y teniendo en cuenta que para recolectar estos valores se instalaron 6 sensores para medir cada una de las variables en la superficie y en el fondo del estanque, se obtuvieron 100.058 datos por cada uno de estas variables; a estos datos se les calculo la media, moda y límites. Luego se agruparon los datos por fecha y de igual forma se calculó la media y moda de estos grupos. En el caso del pH en el fondo del estanque, el sensor no leyó los datos (arrojando valores de 0) por ello no se hizo análisis de esta variable. A continuación, se relacionan los resultados.

Para el pH del sensor ubicado en la superficie del estanque, se obtuvo que la media era de 8,4109 y los valores estuvieron entre 2,267 y 8,89. El oxígeno de la superficie del estanque se obtuvo una moda de 10,8, es decir, un 0,447% de los datos; además, se encontró que su valor

promedio fue de 11,6996 mg/L y su rango estuvo entre 0,16 y 13 mg/L. Para la temperatura del sensor ubicado en la superficie del estanque, se presentó una media con valor de 29,188°C y límites de 24,591°C a 31,997°C.

Tabla 7

Sensor ubicado en la superficie.

	Superficie		
	PH	O (mg/L)	T (°C)
Media	8,41093211	11,6995876	29,1882617
Moda	8,386	10,8	29,568
Lim I	2,267	0,16	24,591
Lim S	8,89	13	31,997

Fuente: Elaboración propia (2019).

Por otro lado, los datos relacionados al oxígeno presente en el fondo del estanque revelaron una moda con valor de 8,58 mg/L con participación del 0,777% en el total de los datos, siendo la media del oxígeno 8,30001409 mg/L y sus valores oscilan entre 0,38 y 11,92 mg/L. En cuanto a la temperatura en el fondo del estanque, la media fue de 28,365°C y sus valores estuvieron entre 25,077°C y 31°C.

Tabla 8

Sensor ubicado en el fondo.

	Fondo		
	PH	O	T
Media	0	8,30001409	28,6350982
Moda	0	8,58	28,76
Lim I	0	0,38	25,077
Lim S	0	11,92	31

Fuente: Elaboración propia (2019).

Como se puede observar en la tabla 9 los sensores presentaron una lectura diaria de 7.200 datos entre las fechas 3/11/2019 y 15/11/2019, es decir, 93.600 datos de los 100.058, por lo que los valores arrojados presentan proximidad entre ellas y eso se ve reflejado en la media de las

variables donde para el ph de la superficie fue de $8,405 \pm 0,003$, el oxígeno de la superficie de $11,708 \text{ mg/L} \pm 0,015$, la media de temperatura $29,1485^\circ\text{C} \pm 0,0065$, la media del oxígeno en el fondo de $8,301 \text{ mg/L} \pm 0,01$ y la temperatura de $28,6025^\circ\text{C} \pm 0,0035$. Solo las tres primeras fechas y la última presentaron desviación en comparación a las demás.

Tabla 9

Media de datos por fecha del sensor.

FECHA	# DE DATOS	MEDIA PH	MEDIA O	MEDIA T	MEDIA PH FONDO	MEDIA O FONDO	MEDIA T FONDO
1/01/2019	9	3,088	10,710	24,814	0,000	0,453	25,148
7/10/2019	47	2,729	3,290	26,674	0,000	8,393	25,554
2/11/2019	4255	8,617	11,699	30,085	0,000	8,307	29,415
3/11/2019	7200	8,407	11,706	29,146	0,000	8,298	28,602
4/11/2019	7200	8,403	11,704	29,142	0,000	8,291	28,606
5/11/2019	7200	8,404	11,702	29,148	0,000	8,311	28,602
6/11/2019	7200	8,406	11,705	29,151	0,000	8,307	28,601
7/11/2019	7200	8,408	11,701	29,153	0,000	8,295	28,602
8/11/2019	7200	8,407	11,693	29,151	0,000	8,309	28,605
9/11/2019	7200	8,407	11,714	29,153	0,000	8,292	28,599
10/11/2019	7200	8,405	11,702	29,148	0,000	8,299	28,603
11/11/2019	7200	8,404	11,722	29,154	0,000	8,296	28,602
12/11/2019	7200	8,407	11,692	29,150	0,000	8,299	28,600
13/11/2019	7200	8,402	11,715	29,153	0,000	8,300	28,600
14/11/2019	7200	8,404	11,700	29,155	0,000	8,309	28,602
15/11/2019	7200	8,404	11,701	29,150	0,000	8,297	28,604
16/11/2019	2147	8,402	11,689	29,143	0,000	8,311	28,609

Fuente: Elaboración propia (2019).

En la moda del pH de la superficie no se observó una alta desviación puesto que estas estuvieron en el rango 8,185-8,746.

Para la moda de Oxígeno de fondo se presentaron dos fechas que estuvieron por debajo de 8 mg/L, que fueron las fechas del 4/11 y 15/11. En el Oxígeno de la superficie no se presentó mucha variación, obteniendo valores de moda entre 11,110 y 12,930 mg/L

En la moda de la temperatura de fondo no se presentaron altas desviaciones, la mayoría de fechas mantuvo una temperatura mayor a 28°C , pero hubo un valor atípico (7/11/2019) que

presentó una lectura de 25,404°C. Sin embargo, la moda de temperatura de superficie el rango fue un poco mayor, ya que este estuvo entre los valores 28,171°C y 29,317°C.

Tabla 10

Moda de datos por fecha del sensor.

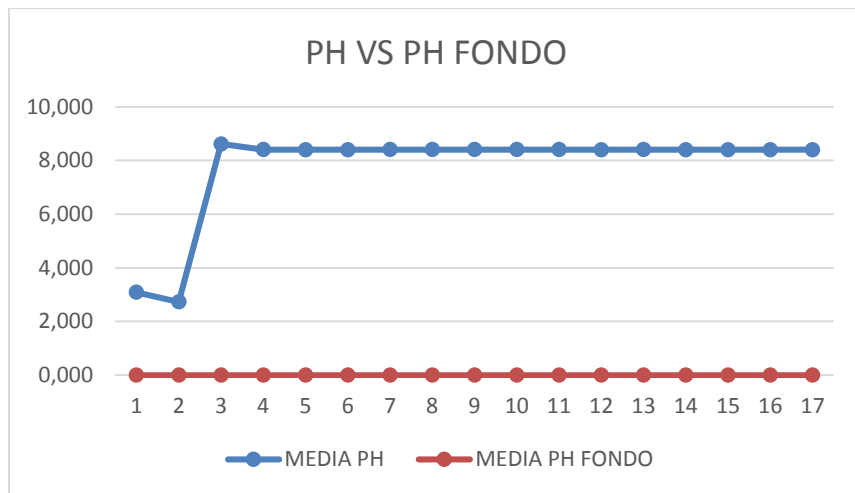
FECHA	MODA PH	MODA O	MODA T	MODA PH FONDO	MODA O FONDO	MODA T FONDO
1/01/2000	#N/D	10,760	#N/D	#N/D	0,460	#N/D
7/10/2019	#N/D	0,250	28,178	0,000	0,460	25,404
2/11/2019	8,746	11,580	29,184	0,000	8,030	28,247
3/11/2019	8,232	11,110	29,058	0,000	8,320	28,840
4/11/2019	8,602	12,920	29,317	0,000	7,790	28,988
5/11/2019	8,274	12,350	28,968	0,000	8,410	28,773
6/11/2019	8,373	12,770	28,981	0,000	8,620	28,955
7/11/2019	8,635	11,300	29,103	0,000	8,080	28,849
8/11/2019	8,254	11,420	28,987	0,000	8,600	28,774
9/11/2019	8,469	12,390	29,032	0,000	8,140	28,405
10/11/2019	8,292	10,920	28,811	0,000	8,460	28,709
11/11/2019	8,648	12,930	29,214	0,000	8,090	28,337
12/11/2019	8,261	12,480	28,759	0,000	8,280	28,362
13/11/2019	8,185	11,760	28,921	0,000	8,800	28,685
14/11/2019	8,347	10,720	28,947	0,000	8,800	28,653
15/11/2019	8,535	11,760	29,306	0,000	7,750	28,981
16/11/2019	8,425	11,310	29,121	0,000	8,150	28,656

Fuente: Elaboración propia (2019).

Como se observa en la Gráfica N°1 el pH de superficie mantuvo datos estables luego del tercer día de lectura, sin embargo, no se puede hacer una comparación con el pH presentado en el fondo del estanque por la ausencia de lectura de dicho sensor.

Gráfica 1

Media pH superficie vs media pH fondo.

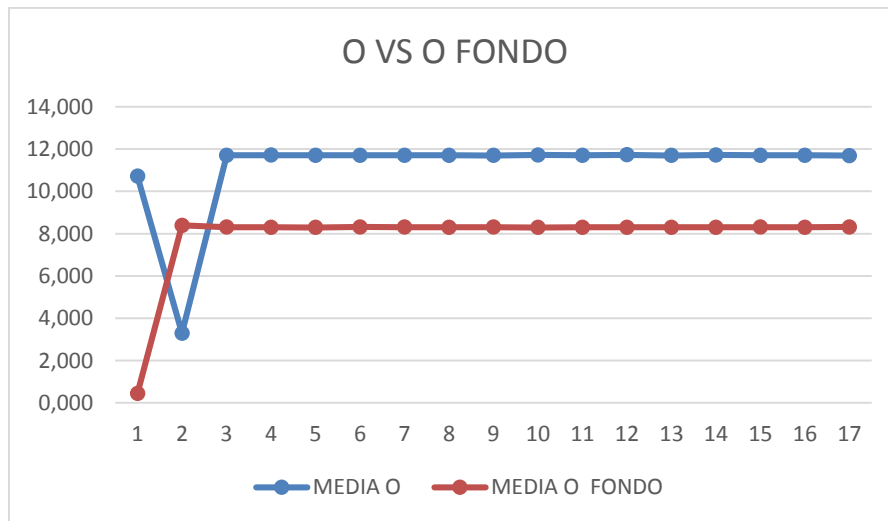


Fuente: Elaboración propia (2019).

Al igual que en el caso anterior los datos pertenecientes al oxígeno disuelto logran estabilizarse luego del tercer día hasta el último de estos. Para el primer día la media del oxígeno presente en la superficie es mucho mayor que la correspondiente al fondo y sucede lo contrario al segundo día, para el tercero ambas logran estabilizarse, pero presentan diferencias entre estas, siendo el oxígeno en la superficie mayor que el del fondo, observe la Gráfica N°2.

Gráfica 2

Media oxígeno superficie vs media oxígeno fondo.

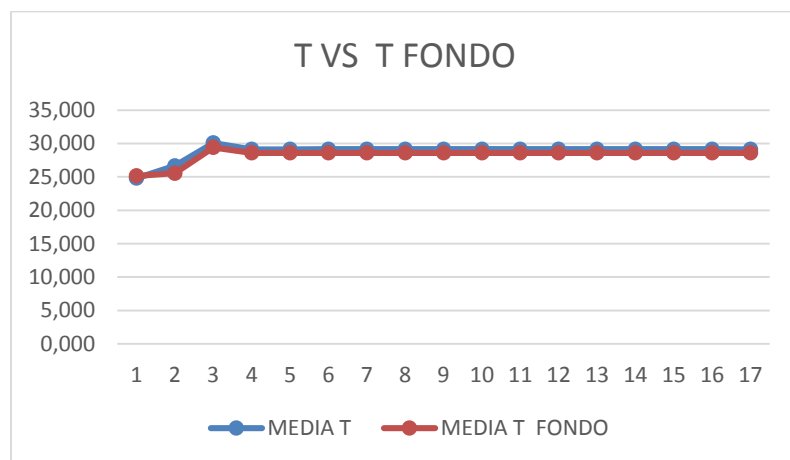


Fuente: Elaboración propia (2019).

En el caso de la temperatura, Gráfica N°3, tuvieron comportamientos similares a lo largo de los 17 días, además los valores de las medias eran muy cercanos entre sí. Para el segundo y tercer día ambas presentaron aumentos y al cuarto ambas descendieron, luego se mantuvieron estables.

Gráfica 3

Media temperatura superficie vs media temperatura fondo.

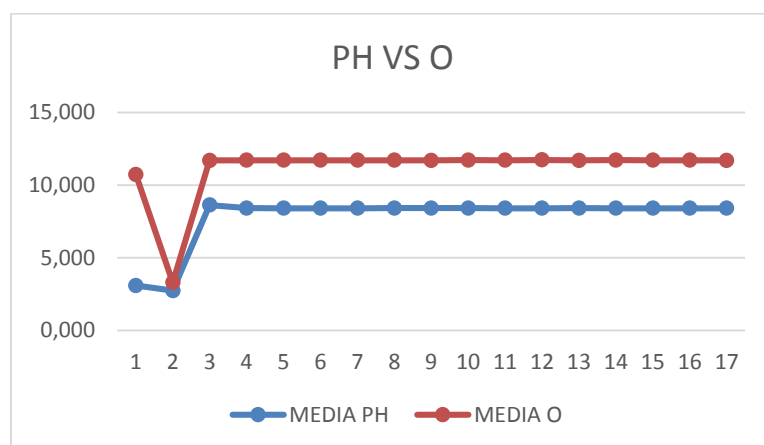


Fuente: Elaboración propia (2019).

Luego de analizar el comportamiento de estas 3 variables, se observó que el pH y el oxígeno son directamente proporcional, es decir si una de ella disminuye la otra también lo hará y viceversa. Tal como se observa en la Gráfica N°4, donde se comparan la información obtenida de los sensores de la superficie.

Gráfica 4

Media pH superficie VS Media Oxígeno Disuelto superficie.



Fuente: Elaboración propia (2019).

Para llevar a cabo un análisis estadístico comparativo, se realizó una visita a la empresa Piscícola Maraca Ltda., de Hato Nuevo en el municipio de Betulia los días 5 y 6 de marzo del 2018, en la cual se obtuvieron los datos presentados en la tabla 11 correspondiente a lecturas manuales realizadas por el personal.

Tabla 11

Datos manuales antes del dispositivo.

DATOS MANUALES ANTES DEL DISPOSITIVO					
MEDIA PH	MEDIA O	MEDIA T	MEDIA PH FONDO	MEDIA O FONDO	MEDIA T FONDO
8,520	4,700	30,100	8,260	4,400	29,200
8,890	9,200	32,000	8,850	8,700	28,000
9,110	9,520	31,600	9,090	9,400	31,600
8,760	6,700	30,300	8,740	6,550	30,200
8,360	4,400	29,500	8,340	4,340	29,500
8,000	2,940	28,900	8,000	2,570	28,900
8,350	5,200	29,600	8,380	5,170	29,700

Fuente: Elaboración propia (2019).

Cómo se puede observar en la tabla 12, se calculó el valor de la media de cada variable (pH, temperatura y oxígeno) y posteriormente el cambio porcentual entre los datos obtenidos antes de la instalación del prototipo y después de la instalación. Se obtuvieron como resultado lo siguiente:

- El cambio porcentual más notorio fue la media del oxígeno superficial entre los datos antiguos y nuevos, debido a que tuvo un incremento del 91,98%. Asimismo, el cambio porcentual de la media del oxígeno, en este caso en la profundidad, tuvo un incremento del 41,26%.
- En cuanto a la media de la temperatura superficial se observó que luego de la instalación del prototipo el cambio porcentual tuvo una disminución del 3,62%, de igual forma, la media de la temperatura de fondo también tuvo una disminución del 3,21%

- En la media de pH, con respecto a los datos obtenidos antes y después de la instalación del prototipo, se obtuvo que el pH superficial hay una disminución del 1,86% en la media.

Tabla 12*Compilación de media y cambio porcentual.*

	MEDIA					
	PH		Temperatura		Oxigeno	
	Antiguo	Nuevo	Antiguo	Nuevo	Antiguo	Nuevo
Superficie	8,57	8,410	30,285	29,188	6,094	11,699
Fondo	8,522	0	29,585	28,635	5,8757	8,300
% Superficie	-1,86%		-3,62%		91,98%	
% Fondo	-100,00%		-3,21%		41,26%	

Fuente: Elaboración propia (2019).

Según lo observado en la tabla 13, correspondiente a la varianza de las variables antes y después de la instalación del dispositivo, se deduce que la variabilidad de los datos después de la instalación del prototipo disminuye en cada variable estudiada, es decir que presentaron menos dispersión en sus datos o lectura. Por ejemplo, la varianza de la temperatura de fondo antes de la instalación del prototipo fue de 1,2647 y posterior a la instalación se obtuvo una varianza de 0,1134; por lo que la dispersión de los datos obtenidos después de la instalación fue menor.

Tabla 13*Varianza de datos antiguos y nuevos.*

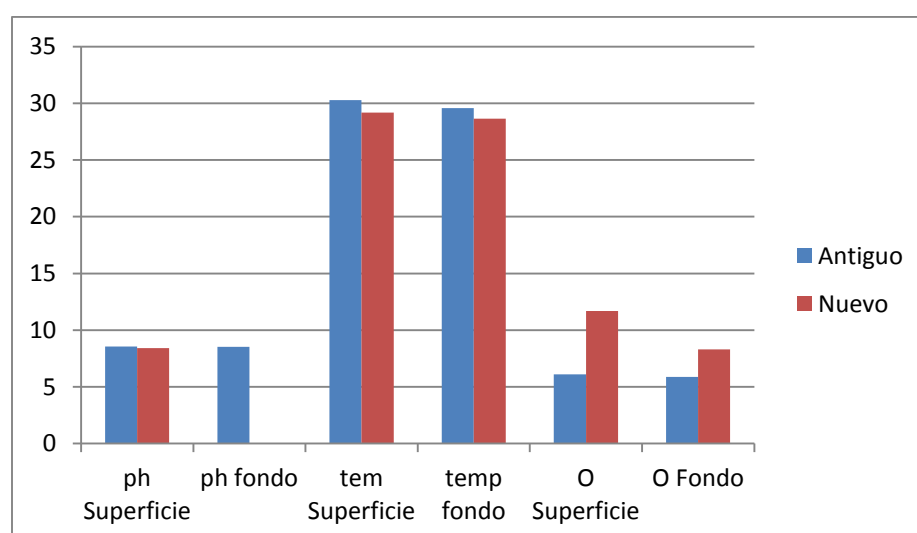
	VARIANZA					
	PH		Temperatura		Oxigeno	
	Antiguo	Nuevo	Antiguo	Nuevo	Antiguo	Nuevo
Superficie	0,14166667	0,04073235	1,2847619	0,14637568	6,21862857	0,61029623
Fondo	0,14535714	0	1,2647619	0,11347503	6,13562857	0,18109887

Fuente: Elaboración propia (2019).

En la Gráfica N°5 se evidencia que para la variable oxígeno se destaca el color rojo, refiriéndose a que la media de los datos luego de la instalación del prototipo es mayor a la media antes de este. Por el contrario, en las variables pH y temperatura el color azul (datos antiguos) la media de los datos antiguos fue un poco superior a los datos nuevos.

Gráfica 5

Media datos antiguos y datos nuevos.



Fuente: Elaboración propia (2019).

Con este dispositivo se logra automatizar los procesos industriales, realizar monitoreos continuos y remotos, mejorar la eficacia en el proceso de monitoreo, reducir costos, facilitar el acceso y obtención de la información, minimizar errores de lectura, aumentar la productividad y reducir el tiempo de respuesta ante cualquier novedad. Igualmente, sirve como apoyo en la toma de decisiones que garanticen un ambiente adecuado para estos estanques, es decir, el usuario podrá analizar que variable se debe ajustar para el crecimiento y control del cultivo. A nivel nacional y regional, en el sector acuícola podría generar un aumento de la producción y competitividad.

Conclusiones

A través del tiempo se ha visto una evolución en la industria y la vida cotidiana del ser humano, por lo cual ha desarrollado diversas técnicas, dispositivos y sistemas. En el campo de la tecnología se han obtenido grandes avances y uno de ellos ha sido la automatización, esta facilitó muchos trabajos a la sociedad y así poco a poco fue incluyéndola hasta llegar al campo industrial y/o empresarial. Esta tendencia a automatizar los procesos ha sido adoptada por todo tipo de empresas para la reducción de sus costos, tiempos de procesamiento y disminución de las acciones repetitivas en los procesos. Este proyecto automatiza la lectura de los valores de estas tres importantes variables físicas en un estanque de peces, como lo son pH, oxígeno disuelto y temperatura, estas deben ser las adecuadas para asegurar la supervivencia de los peces, garantizar su óptima condición y reducir su mortalidad, por ello este prototipo se convierte en una herramienta para mantener estables dichas variables y servir de apoyo a la persona encargada de monitorear estas condiciones.

Dentro del campo de la piscicultura cada día se trabaja en dispositivos que miden los factores físico-químicos del agua en los cultivos de peces, los niveles de concentración de estas variables son fundamental para la conservación, reproducción y supervivencia de estos. Se sabe que la ausencia de vigilancia y controles de las condiciones del agua pueden generar enfermedades, problemas de crecimiento y muerte en los peces, por lo anterior, se deben tener en cuenta variables como pH, temperatura y oxígeno. Las variaciones drásticas de estas condiciones producen estrés en los peces y, si no se estabiliza a tiempo, ocasionaría la muerte. El prototipo diseñado en este proyecto permite identificar los puntos críticos de los parámetros físico-químicos, obtener datos exactos y confiables, así como disminuir el tiempo de respuesta ante adversidades en el cultivo de peces. Además, se ayudará a reducir los índices de mortalidad producidos por variaciones bruscas en el oxígeno disuelto, pH y temperatura.

Para el diseño del dispositivo se decidió adoptar como plataforma tecnológica Arduino, por la documentación que lo sustenta, la integración con muchos de los componentes

electrónicos que se encuentran en el mercado y suplía las necesidades de funcionamiento del proyecto. Hay que aclarar que existen otras opciones en el mercado que pueden cumplir con las especificaciones del proyecto, pero por razones de documentación, configuración y mantenimientos preventivos fueron descartadas. Para la parte de la toma y trata de los datos se opta por los dispositivos de Atlas Scientific (Sensor de pH, sensor de oxígeno disuelto y sensor de temperatura), puesto que estos son dispositivos semi industriales que cuentan con una amplia documentación, integración del 100% con Arduino, facilidad de la trata y procesamiento de los datos por un circuito que administra estas sondas, por la cantidad de horas de trabajo continuo en el medio sin afectación de los datos recolectados y su amplio lapso de mantenimiento debido a sus características semi industriales.

En el caso de la comunicación se decidió acoger la tecnología que ofrecía el Digi XBee por razones de voltaje de operación, consumo eléctrico, rango de operación y documentación de los mismos en proyectos implementados anteriormente. Y donde se evidencio como este se destacaba por encima de los demás en aspectos como el consumo eléctrico y el rango de funcionamiento.

Seguido a esto se procede a la prueba individual de los mismos y la integración uno a uno en el dispositivo final. A partir de este punto se seleccionó los protocolos de comunicaciones tanto interna como externa de los componentes y dispositivos que componen el proyecto, hay que aclarar que este proyecto se compone de dos dispositivos los cuales juegan roles de emisor y receptor de señales, llamados nodos y por lo tanto se describen dos tipos comunicaciones. La comunicación que existe entre los dispositivos que se integran en un solo nodo seria llamada interna y la comunicación inalámbrica que existe entre los nodos.

En el caso de la comunicación interna se establece como protocolos de comunicación el I2C y SPI puesto que, aunque la mayoría de los componentes trabajan con I2C por la facilidad de configuración, administración y velocidad de transmisión de datos entre ellos (sensores y componente para la fecha y hora). La tarjeta uSD microSD que es la que administra el

almacenamiento y posterior lectura de información en la microSD se comunica por SPI ya que esta permite una comunicación más fluida en casos de lectura y escritura simultanea de datos.

Para la comunicación externa se decidió por el DigiXBee y su protocolo de comunicación transparente, por la cantidad de dispositivos para los ensayos, la frecuencia y formato de envío de los datos. Es este protocolo no se presentó mayores inconvenientes a la hora de comunicar dos dispositivos punto a punto y no fue necesario una configuración demasiada rigurosa para que estos se pudieran comunicar, adicionalmente, se cuenta con una extensa documentación que soporta varias aplicaciones utilizadas en campos referentes a este proyecto y que es sustentada con documentación que es posible encontrar en la página oficial de esta.

Al poner en funcionamiento el prototipo y obtener los datos recopilados, se pudo observar que las primeras fechas corresponden a pruebas realizadas con el dispositivo y sus lectores con el fin de comprobar el funcionamiento de estos, por ello los datos son escasos en los dos primeros días y esto puede deberse a condiciones externas. Luego de eso el dispositivo funciona normalmente, manteniendo constantes la cantidad de datos recolectados por día.

Este dispositivo pudo leer con total satisfacción cinco de las seis variables a medir, la variable que no pudo ser medida es el PH fondo, debido a que el sensor no funciona en forma correcta. Asimismo, se pudo notar las diferencias de lectura entre el oxígeno de la superficie y el oxígeno de fondo, por ejemplo, si escogemos la fecha 9/11/2019 observamos que la media de oxígeno de superficie es mayor a la de fondo; esto se debe a la relación profundidad vs presión la cual es directamente proporcional por lo que entre más profundo estemos habrá más presión, por lo tanto, obtenemos menos oxígeno. Por lo anterior, los nadadores profesionales necesitan de ciertos implementos cuando están a cierta distancia del nivel del mar. También se encontró una relación directamente proporcional entre el pH y el oxígeno, en la que al elevarse uno de estos la otra variable también lo hacía.

Gracias al prototipo diseñado es posible monitorear los valores del pH, oxígeno y temperatura en un estanque de peces de forma automática, estos datos anteriormente eran

recolectadas de forma manual. El dispositivo almacenó la información en una SD y fueron transmitidos en formato txt a un terminal que se encuentre conectado a la misma señal y que este en un radio de 90 a 3.200 metros. Cabe resaltar que este proyecto facilita la lectura de estas variables, reduce el tiempo empleado para monitorear, permite la lectura de mayor cantidad de datos para un mejor análisis, facilita la disponibilidad de la información, mejora el tiempo de respuesta y toma de decisiones en cuantos a la calidad o acciones necesarias.

Con el diseño e implementación de este dispositivo se logra hacer un gran aporte al proceso acuícola, ya que se consigue automatizar los procesos industriales, realizar monitoreos continuos y de forma remota, mejorar la eficacia en el proceso de monitoreo, reducir costos, determinar si la calidad del agua es apta, facilitar la obtención de datos, minimizar errores de lectura, se aumenta la productividad y se reduce el tiempo de respuesta en caso de alguna novedad o problema. Para el sector acuícola estos beneficios se reflejan en el aumento de la competitividad y producción.

Ambos softwares fueron registrados en la Dirección Nacional de Derechos de Autor (DNDA), revisar Anexo 1 y 2. Este proyecto fue presentado en el marco del I Encuentro de Investigación REDIS Nodo Caribe “tecnologías y Retos de la Industria 4.0” que se llevó a cabo los días 19 y 20 de marzo del 2020, en donde se obtuvo el primer puesto de poster presentados, el certificado de participación se encuentra en trámite, anexo 27, 28 y 29. Para el año 2018, esta investigación participó en el XI Encuentro Interno de Semilleros de Investigación, obteniendo un buen resultado luego de pasar los filtros necesarios, pero por políticas de privacidad no fue posible continuar con el proceso. Cabe resaltar que dicho proyecto está vinculado al semillero de investigación Eco-Smart City de la Facultad de Ciencias Básicas Ingenierías y Arquitectura, por lo cual cuenta con apoyo y financiación de la Corporación Universitaria del Caribe.

Recomendaciones

Gracias a este proyecto se obtuvo como resultado la construcción de un instrumento electrónico que permitiera realizar mediciones de algunas variables físicas tales como: pH, temperatura y oxígeno disuelto que intervienen en un estanque artificial. Este dispositivo pretende ser un punto de partida para futuros proyectos que tengan como objetivo la construcción de equipos similares con la misma función que el elaborado.

Dentro de los factores a mejorar, se recomienda que para el diseño de dispositivos que requieran parámetros más específicos y un grado de lectura mayor se empleen plataformas de desarrollo más completas. Aunque la plataforma empleada se desempeñó muy bien en las pruebas, su integración con los componentes fue la adecuada y cumplió con los requerimientos del prototipo diseñado, es de las más básicas del mercado siendo limitada para proyectos de mayor dimensión.

Como punto a destacar dentro del desarrollo de este proyecto hay que tener en cuenta que Arduino cuenta con una Unidad Central de Procesamiento o CPU, un micro controlador que a pesar de contar con muy buenas características para el desarrollo de este proyecto ejecutando de manera eficiente las tareas programadas en él, es recomendable para futuras mejoras o actualizaciones considerar el uso de otro dispositivo que cuente con un componente más robusto, puesto que este es especial para tareas de toma de datos, administración de sensores, accionamiento de motores y tareas rutinarias básicas programables; pero quedándose corto en tareas como la administración de grandes volúmenes de datos o administración de una red con bastantes nodos conectados a ella, Arduino y más específicamente el microcontrolador que lo compone no sería lo suficientemente eficiente para llevar a cabo tantas tareas al tiempo.

Por lo anterior, es preciso actualizar la plataforma de desarrollo a una que cuente con unas mejores características y que este diseñada para un alto procesamiento de señales y datos sin que altere el ritmo de funcionamiento del mismo, para ello y especificando las mejoras mencionadas se propone tener en cuenta Raspberry Pi, debido a que esta plataforma cuenta con

unas mayores y mejores características que Arduino. Dicha plataforma fue descartada para este proyecto porque Arduino cumplía a cabalidad los requisitos del proyecto y tenía menor consumo energético en comparación con Raspberry, pero que proyectando el posible incremento de los nodos conectados a la red, el alto flujo de datos que pueden transmitirse en esta y que a su vez seguirá cumpliendo las tareas de recolección, tratamiento, almacenamiento y transmisión de datos sin que se afecte a gran medida el volumen de los datos, se convertiría en la mejor opción .

De igual forma se puede optimizar el tipo de comunicación, haciendo que el dispositivo y el receptor se comuniquen directamente con el servidor o que posean el mismo, para ello se puede emplear la tecnología GSM. En cuanto al flujo de información se aconseja la creación de un aplicativo móvil que permita monitorear en tiempo real y con alarmas las diferentes variaciones de las variables del estanque.

Además, para el caso en que se produzca una falla o ausencia del fluido eléctrico se hace necesario un respaldo de batería con activación automática cuando esto ocurra o emplear una fuente de energía alternativa como por ejemplo la energía solar.

En cuanto al almacenamiento de la información es aconsejable la utilización de bases de datos o aplicativos webs que permitan almacenar una gran cantidad de datos, como por ejemplo la implementación de un clúster.

Referencias Bibliográficas

- Aqua. (2018). Tecnologías para una nueva acuicultura. aqua.cl. <https://www.aqua.cl/reportajes/aquasur-2018-tecnologias-una-nueva-acuicultura/>
- AgroNegocios. (2015). *Piscicultura en Colombia Crece a un Promedio Anual de 7%. Colombia.* agronegocios.co. <https://www.agronegocios.co/ganaderia/piscicultura-crece-a-un-promedio-anual-de-7-2621457>
- Ali, Z., Rahim, A., y Nawaz, S. (2016). Design and Implementation of a Low Cost Wireless Sensor Network using Arduino and nRF24L01 (+). *The International Journal of Scientific Research & Engineering Technology (IJSET)* 5(5). <https://pdfs.semanticscholar.org/d735/8c3c684c5e971d73da780f400cbee2bd15e5.pdf>
- Arduino. (2020). *Arduino*. Australia: arduino.cc. <https://www.arduino.cc/>
- Arévalo, A. (2018). *Prototipo de un sistema de monitoreo de calidad del agua subterránea en instalaciones de capacitación de una localidad rural del municipio de Tibaná-Boyacá* [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia]. Disertaciones y tesis de Google Académico. <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4769/Trabajo%20de%20grado4984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aurazo, M. (2004). *Manual para el análisis básico de calidad del agua de bebida*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca. Aunap. (2013). *Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia*. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36932949/Diagnostico_del_estado_de_la_acuicultura_en_colombia.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expire

es=1525138334&Signature=bsU%2FWObKFrTINaBwLhar993AnXg%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLibertad_y_Orden.pdf

Atlas Scientific. (2020). *Atlas Scientific Environmental Robotics*. Atlas-scientific. <https://www.atlas-scientific.com/>

Beltrán, A. (2014). *Sistema de Monitoreo de Estanques Truchas San Isidro*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Disertaciones y tesis de Google Académico. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/781/Sistema_Monitoreo_Estanques_TruchaSanIsidro.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Boonsawat, V. Ekchamanonta, J. Bumrunghet, K y Kittipiyakul, S. (2010). Xbee Wireless Sensor Networks for Temperature Monitoring. School of Information Computer and Communication Technology, Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Pathum-Thani, Thailand 12000. http://www2.siit.tu.ac.th/somsak/pub/final_XBeeWSN_100328.pdf

Calderón, J. (2016). *Evaluación de la temperatura y pH del agua de los estanques para mejorar el crecimiento de alevines de tilapia roja (Oreochromis spp.) en la hacienda "El Gran Manantial" parroquia pacto al noroccidente de Quito* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. Disertaciones y tesis de Google Académico. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5175/1/UDLA-EC-TIAG-2016-03.pdf>

Cifuentes, J. Torres, M., y Frías, M. (1997). *El océano y sus recursos XI: acuicultura* (2a ed). México D.F. México: Fondo de cultura económica.

Colciencias. (2016). *Plan y acuerdo estratégico departamental en ciencia, tecnología e innovación, Departamento de Sucre*. <http://repositorio.minciencias.gov.co/handle/11146/34106>

Corporación Autónoma del Cesar. (s.f.). *Comunidad íctica (peces)*.
<https://www.corpocesar.gov.co/files/6Peces.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2015). *Producción y Consumo Responsable Colombia*.
<https://www.ods.gov.co/es/objetivos/produccion-y-consumo-responsables>

Departamento Nacional de Planeación. (2015). *Salud y Bienestar Colombia*.
<https://www.ods.gov.co/es/objetivos/salud-y-bienestar>

Díaz, H. y Vargas, Y. (2018). Diseño de un módulo electrónico para la crianza automatizada de peces mediante modelamiento matemático multiparamétrico que simule las condiciones básicas necesarias para la crianza, en estanques artificiales en función de parámetros fisicoquímicos. *Revista UIS de Ingenierías* 17 (2). <https://doi.org/10.18273/revuin.v17n2-2018022>

Didacticas Electronicas. (2020). Reloj de Tiempo Real RTC DS3231.
<https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/semiconductores/reloj-de-tiempo-real/reloj-de-tiempo-real-rtc-ds3231-rtc-ds3231-m-rtc-reloj-tiempo-real-relojes-de-tiempo-real-rtcs-ds3231-detail>

Digi. (2020). *Digi XBee RF Modules*. Digi.com. <https://www.digi.com/products/embedded-systems/rf-modules>

Digi. (2018). *Radio Communication Protocols*. Digi.com.
https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001458-13/default.htm#concept/c_radio_communication_protocols.htm%3FTocPath%3DRF%2520concepts%2520and%2520terminology%7C_____3

Dulanto, L. (s.f.). *Diseño de un sistema de monitoreo remoto de parámetros ambientales críticos de la planta piloto de acuicultura de la Pucp* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Disertaciones y tesis de Google Académico.

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/538/DULANTO_RAMOS_SISTEMA_MONITOREO_ACUICULTURA_PUCP.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dussán, S. Vanegas, O. Chavarro, A. y Molina, J. (2016). Diseño e implementación de un prototipo electrónico para monitoreo de parámetros físico-químicos en un cultivo de tilapia a través de una aplicación móvil. *Informador Técnico*, 80(1).49-60. https://www.researchgate.net/publication/315918734_Disenio_e_implementacion_de_un_prototipo_electronico_para_monitoreo_de_parametros_fisico-quimicos_en_cultivo_de_tilapia_a_traves_de_una_aplicacion_movil/fulltext/58ef6bffaca2721d4eaf1c20/Diseno-e-implementacion-de-un-prototipo-electronico-para-monitoreo-de-parametros-fisico-quimicos-en-cultivo-de-tilapia-a-traves-de-una-aplicacion-movil.pdf

Epicor. (s.f.). *¿Qué es la Industria 4.0: la Internet Industrial de las Cosas (IIoT)?* Epicor.com. <https://www.epicor.com/es-co/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/>

Espinosa, F., y Rendón, G. (2012). A ZigBee wireless sensor network for monitoring an aquaculture recirculating system. *Journal of applied research and technology*, 10(3). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1665-64232012000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=en

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fao (s.f.) Tecnología de la Acuicultura. *Fao.org*. <http://www.fao.org/fishery/technology/aquaculture/es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fao. (2014). Comité de pesca. *fao.org*. <http://www.fao.org/3/mj187s/mj187s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fao. (2016). El estado Mundial de la pesca y la acuicultura. *Fao.org*. <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fao. (2018). El estado Mundial de la pesca y la acuicultura. *Fao.org*. <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/2018/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fao. (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. *fao.org*. <http://www.fao.org/3/cb1447es/cb1447es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fao. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. *fao.org*. <http://www.fao.org/3/ca9231es/CA9231ES.pdf>
- Fishbase. (s.f.). *Cyphocharax magdalenae*. Suecia: fishbase.se. <https://www.fishbase.se/summary/Cyphocharax-magdalenae.html>
- Flores, S. y Aracena, D. (2018). Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones. *Ingeniare: Revista chilena de ingeniería*, 26 (Número Especial), 55-64. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v26s1/0718-3305-ingeniare-26-00055.pdf>
- Haron, N. S. (2009). Remote water quality monitoring system using wireless sensors [conferencia]. *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Electronics, Hardware, Wireless and Optical Communications (EHAC'09)*, Cambridge, UK. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/cambridge/EHAC/EHAC24.pdf>
- Hoyos, C. (2019). *Monitoreo y control de un estanque para producción piscícola* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]. Disertaciones y tesis de Google Académico. <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/11594/6/T08756.pdf>
- Ingle de la Mora, G., Villareal, E., Arredondo, J., Ponce, J., y Barriga, I. (2003). Evaluación de algunos parámetros de calidad el agua en un sistema de recirculación para la acuicultura,

sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. *Hidrología*, 13(4).
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972003000400001&script=sci_arttext

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés. (2014). *Protocolo Indicador Calidad de Agua (ICAMPFF). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP)*.
[http://www.inveamar.org.co/documents/10182/14479/04+ProtocoloIndicadorCalidaddeAgua digital.pdf/c16bd915-0b24-446b-9fe0-dbbc239111dd](http://www.inveamar.org.co/documents/10182/14479/04+ProtocoloIndicadorCalidaddeAgua%20digital.pdf/c16bd915-0b24-446b-9fe0-dbbc239111dd)

Instituto Ecuatoriano de Normalización. I.n.e.n (1998). *Calidad del Agua, Muestreo, Manejo y conservación de muestras*.

Lasso, C., Agudelo, E., Jiménez, L., Ramírez, H., Morales M., Ajiaco R., Gutiérrez, F., Usma J., Muñoz, S., Torres y Sanabria, A. (Eds.). (2011). *I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/32542>

López-Plazas, R., y Cubillos-Zamudio, D. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo que permita la lectura de temperatura y pH y regule el nivel del agua de un acuario del laboratorio de acuicultura del programa de Zootecnia de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cundinamarca].
Disertaciones y tesis de Google Académico.
<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/345>

Maxim Integrated. (s.f). MaximIntegrated.com. <https://www.maximintegrated.com/en.html>

Mejía, M. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras [Tesis de Maestría, del Centro Agronómico Tropical de

Investigación y Enseñanza, Catie]. Disertaciones y tesis de Google Académico.
<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0602e/A0602e.pdf>

Ministerio de Agricultura. (2020). *Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas: Cadena de la Acuicultura.* [minagricultura.gov.co.](https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf)
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Ministerio de Agricultura. (2021). *Acuicultura en Colombia, cadena de la acuicultura.*
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2019). *Aspectos Básicos de la Industria.* https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf

Naciones Unidas. (2019). *Informe de los objetivos de desarrollo sostenible.*
https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019_Spanish.pdf

Navarro, A, Padilla, J. y Prias, J. (2013). Construcción de un sistema de instrumentación para la medición de la temperatura, pH, y oxígeno disuelto presentes en la piscicultura bajo condiciones de estanque artificial. *Scientia et Technica*, 18(2).
<http://www.redalyc.org/pdf/849/84929153017.pdf>

Naciones Unidas Colombia. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Colombia.* Colombia:
<https://nacionesunidas.org.co/ods/>

Naciones Unidas Guatemala. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo.* <https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (s.f). *Acuicultura*.
<http://www.fao.org/aquaculture/es/>

Parrado, Y. (2012). Historia de la acuicultura en Colombia. *Revista AquaTIC*, (37).
<http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/146/135>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Colombia*.
<https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/sustainable-development-goals.html>

Rivera, D., y Yepez, E. (2015). *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* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Disertaciones y tesis de Google Académico. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10328>

Rodríguez, H. y Anzola, E. (Eds.). (2001). *La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura*.
<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34940/27467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sidqi, R., Rynaldo, B., Suroso, S., y Firmansyah, R. (2018). Arduino Based Weather Monitoring Telemetry System Using NRF24L01+. *En la serie de conferencias IOP: Ciencia e ingeniería de materiales*, 336 (1). <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/336/1/012024/meta>

Sigma electrónica. (s.f). [Sigmaelectronica.net](http://www.sigmaelectronica.net).
<https://www.sigmaelectronica.net/producto/nodemcu-v3/>

Tirado, M. (2015). *Red inalámbrica de sensores para el monitoreo de la calidad del agua de la micro cuenca del río Quero* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato].

Disertaciones y tesis de Google Académico.
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8604>

Urdiain, L., Romero, C., Doggen, J., Dams, T., y Van Houtven, P. (2012). Wireless sensor network protocol for smart parking application experimental study on the arduino platform [conferencia]. *En la 2ª Conferencia Internacional sobre la informática ambiental, aplicaciones, servicios y tecnologías.*
<https://pdfs.semanticscholar.org/1083/f3c83a2c5aa1097a537fbc6264a8834c5f1.pdf>

Valbuena, R. y Cruz, P. (2006). Efecto del peso corporal del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis* sp). *Orinoquia*, 10(1).
<http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/200>


Valencia, A., Del Castillo, N., Ariza, D., Angarita, M., Restrepo, J., y Villa, N. (2019). *Fundamentos de Acuicultura Continental (3ra Ed.)*. AUNAP.

Whiteboxes. (s.f.). whiteboxes.ch. <https://www.whiteboxes.ch/docs/tentacle/t1/#/>


World Wildlife Fund. (2017). *¿Es la Pesca una Actividad Sostenible? Colombia.*
<https://www.wwf.org.co/?unewsid=317052>

Anexos

Anexo 1. Certificado de registro de soporte lógico – software DATA.

 MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE		Libro - Tomo - Partida 13-78-268 Fecha Registro 06-mar-2020
Página 1 de 2		
1. DATOS DE LAS PERSONAS		
AUTOR		
Nombres y Apellidos	MIGUEL ÁNGEL ROMERO GARAVITO	No de identificación CC 92544037
Nacional de	COLOMBIA	
Dirección	CLL 32B #17-207	Ciudad: SINCELEJO
AUTOR		
Nombres y Apellidos	ROBER MANUEL SEHUANEZ JIMENEZ	No de identificación CC 1102836803
Nacional de	COLOMBIA	
Dirección	CRA 40B # 9 - 21	Ciudad: BOGOTA D.C.
PRODUCTOR		
Nombres y Apellidos	MIGUEL ÁNGEL ROMERO GARAVITO	No de identificación CC 92544037
Nacional de	COLOMBIA	
Dirección	CLL 32B #17-207	Ciudad: SINCELEJO
PRODUCTOR		
Nombres y Apellidos	ROBER MANUEL SEHUANEZ JIMENEZ	No de identificación CC 1102836803
Nacional de	COLOMBIA	
Dirección	CRA 40B # 9 - 21	Ciudad: BOGOTA D.C.
2. DATOS DE LA OBRA		
Título Original	DATA	
Año de Creación	2020	Pais de Origen COLOMBIA Año Edición
CLASE DE OBRA	INEDITA	
CARACTER DE LA OBRA	OBRA ORIGINARIA	
CARACTER DE LA OBRA	OBRA EN COLABORACION	
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR	
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR	
3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA		
LECTURA Y GRÁFICA DE DATOS ALMACENADOS EN UNA MICRO SD EN ARCHIVO DE TEXTO PLANO (.CSV)		
4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA		
5. DATOS DEL SOLICITANTE		
Nombres y Apellidos	MIGUEL ÁNGEL ROMERO GARAVITO	No de Identificación 92544037
Nacional de	COLOMBIA	Medio Radicación REGISTRO EN LINEA
Dirección	CLL 32B #17-207	Ciudad SINCELEJO
Correo electrónico	ROMERO.GARAVITO@GMAIL.COM	Teléfono
En representación de	EN NOMBRE PROPIO	Radicación de entrada 1-2020-12766

Anexo 2. Certificado de registro de soporte lógico – software SODEAP.

 MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE		Libro - Tomo - Partida 13-78-267 Fecha Registro 06-mar-2020
Página 1 de 2		
1. DATOS DE LAS PERSONAS		
AUTOR		
Nombres y Apellidos	MIGUEL ÁNGEL ROMERO GARAVITO	No de identificación CC 92544037
Nacional de	COLOMBIA	
Dirección	CLL 32B #17-207	Ciudad: SINCELEJO
AUTOR		
Nombres y Apellidos	ROBER MANUEL SEHUANEZ JIMENEZ	No de identificación CC 1102836803
Nacional de	COLOMBIA	
Dirección	CRA 40B # 9 - 21	Ciudad: BOGOTA D.C.
AUTOR		
Nombres y Apellidos	EBERTO DARIO PORTO MASS	No de identificación CC 92528193
Nacional de	COLOMBIA	
Dirección	CARRERA 43 # 25A-05	Ciudad: SINCELEJO
PRODUCTOR		
Nombres y Apellidos	MIGUEL ÁNGEL ROMERO GARAVITO	No de identificación CC 92544037
Nacional de	COLOMBIA	
Dirección	CLL 32B #17-207	Ciudad: SINCELEJO
PRODUCTOR		
Nombres y Apellidos	ROBER MANUEL SEHUANEZ JIMENEZ	No de identificación CC 1102836803
Nacional de	COLOMBIA	
Dirección	CRA 40B # 9 - 21	Ciudad: BOGOTA D.C.
2. DATOS DE LA OBRA		
Título Original	SODEAP	
Año de Creación	2020	Pais de Origen COLOMBIA Año Edición
CLASE DE OBRA	INEDITA	
CARACTER DE LA OBRA	OBRA ORIGINARIA	
CARACTER DE LA OBRA	OBRA EN COLABORACION	
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR	
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR	
3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA		
SOFTWARE PARA LA LECTURA DE DATOS (TEMPERATURA, PH Y OXIGENO DISUELTO) EN ESTANQUE DE CULTIVO DE PECES Y ALMACENADOS EN UN ARCHIVO DE TEXTO PLANO (.CSV).		
4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA		
5. DATOS DEL SOLICITANTE		
Nombres y Apellidos	MIGUEL ÁNGEL ROMERO GARAVITO	No de identificación 92544037
Nacional de	COLOMBIA	Medio Radicación REGISTRO EN LINEA
Dirección	CLL 32B #17-207	Ciudad SINCELEJO
Correo electrónico	ROMERO.GARAVITO@GMAIL.COM	Teléfono
En representación de	EN NOMBRE PROPIO	Radicación de entrada 1-2020-12760

- Anexo 3.** Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página
1.



Guía para la configuración de Xbee ZigBee

Manual de instrucciones
2020

2. **Anexo 4.** Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página

Índice

1. Descripción	3
2. Requerimientos	4
3. Identificación de dispositivos.....	5
3.1. Panel principal de la aplicación.....	6
3.2. Reconocer dispositivos conectados.....	7
3.3. Puertos identificados por la aplicación.....	8
3.4. Configuración inicial de los dispositivos.....	9
3.5. Búsqueda de dispositivos	10
3.6. Dispositivos reconocidos por la aplicación.....	11
3.7. Dispositivo reconocido por la aplicación	12
3.8. Parametros de configuración del dispositivo.....	13
3.9. Configuración del dispositivo inicial	14
4. Configuración modo transparente.....	15
4.1. Identificador de red o PAN ID	16
4.2. Rol del dispositivo	17
4.2.1. Coordinador	18
4.2.2. Router	19
4.2.3. Dispositivos finales.....	20
4.3. Direccionamiento (SH, SL, DH, DL).....	21
4.3.1. Serial Number High (SH) y Serial Number Low (SL)	22
4.3.2. Destination address High (DH) y Destination address Low (DL)	23

3. **Anexo 5.** Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página

1. Descripción

En este manual tiene como objetivo ilustrar y ejemplificar la forma en la cual debe de configurarse los XBee para que puedan funcionar en una red de manera transparente, en donde solo hay un router o nodo emisor y un coordinador o nodo receptor.

4. **Anexo 6.** Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página

2. Requerimientos

Los sistemas operativos con los que es compatible esta herramienta son los siguientes:

- Windows vista/7/8/10 (32 o 64 Bits).
- Mac OS v10.6 y versiones superiores (solo 64 Bits).
- Linux con gestores de ventanas KDE o GNOME (32 o 64 Bits).

Requisitos del sistema

Propiedad	Mínimo	Recomendado
Espacio en disco duro	500 Mb	1Gb
Memoria RAM	2 Gb	4 Gb
CPU	Procesador Dual-Core	Procesador Quad-Core

5. **Anexo 7.** Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página

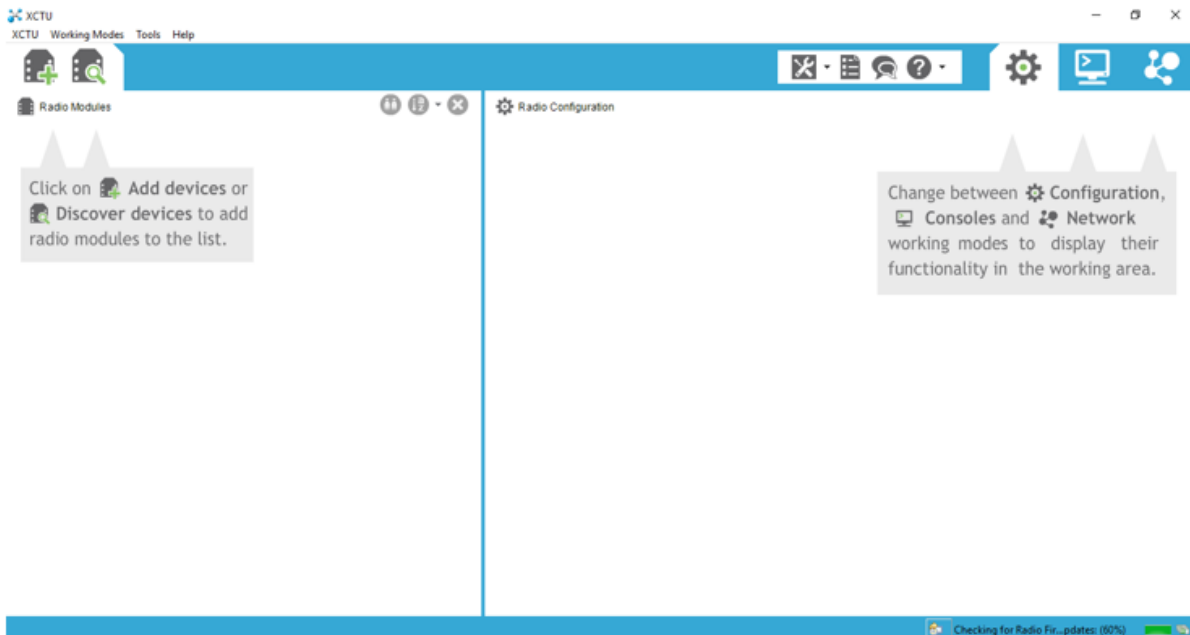
3. Identificación de dispositivos

A continuación, se describirá el paso a paso para la identificación de los dispositivos conectados a nuestra computadora.

6. Anexo 8. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página

3.1. Panel principal de la aplicación

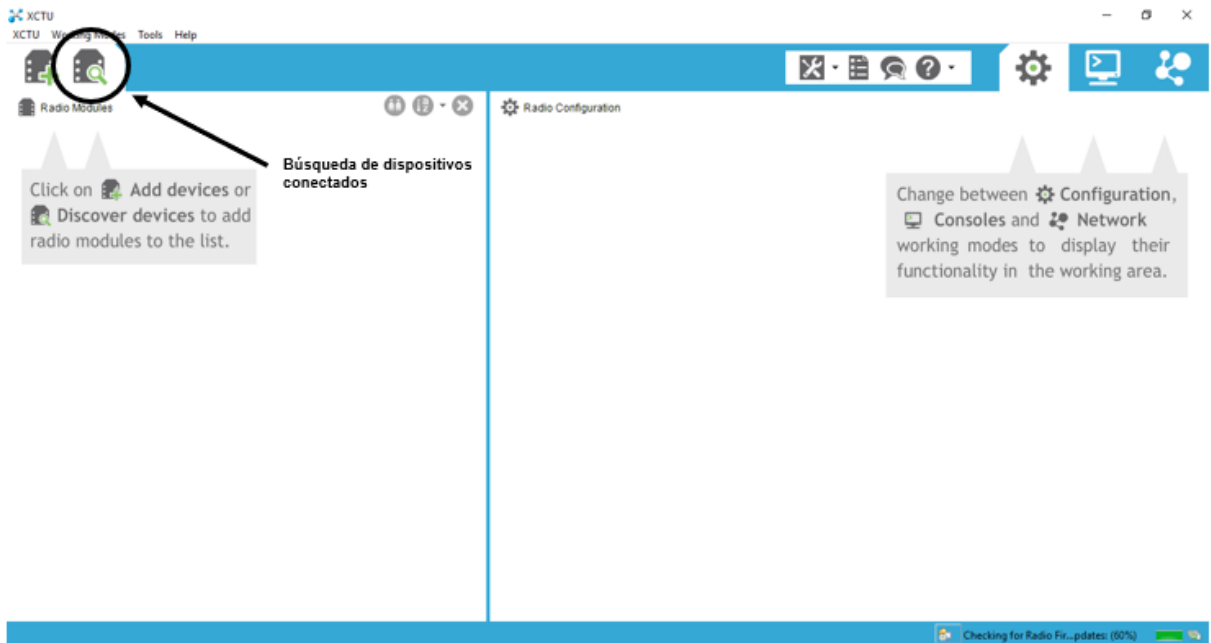
Esta es el panel principal del software que proporciona el distribuir para la configuración de los diferentes DigiXBee que se pueden encontrar en el mercado. Desde aquí se podrá gestionar la configuración de los dispositivos que tengamos conectados al computador después de que estos sean reconocidos.



7. **Anexo 9.** Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página

3.2. Reconocer dispositivos conectados

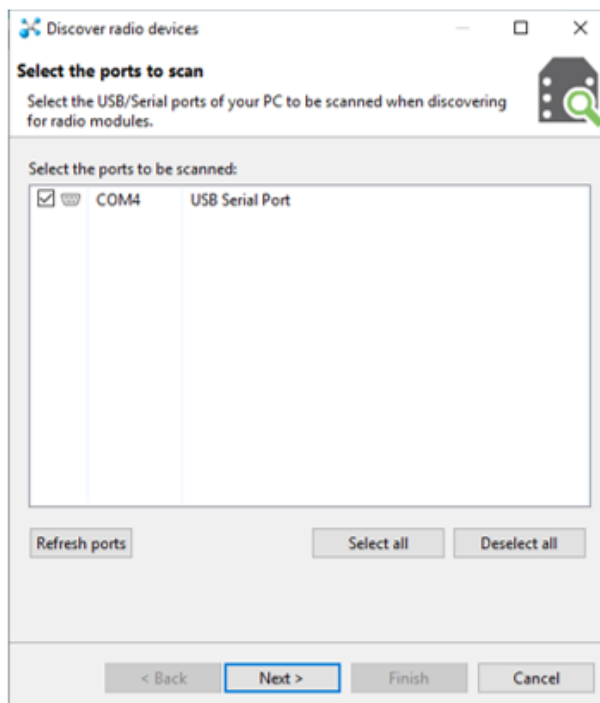
Para que el software identifique los diferentes dispositivos en el computador tenemos que seguir los siguientes pasos, empezando por darle click sobre el icono que se muestra en la imagen.



Anexo 10. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 8.

3.3. Puertos identificados por la aplicación

Esta es la ventana que se despliega después de haberle dado click sobre el icono de la imagen anterior. En ella nosotros podemos observar los diferentes dispositivos que reconoce nuestro computador para configurarlos. Debemos de seleccionar los dispositivos y darle click sobre el botón "Next >".

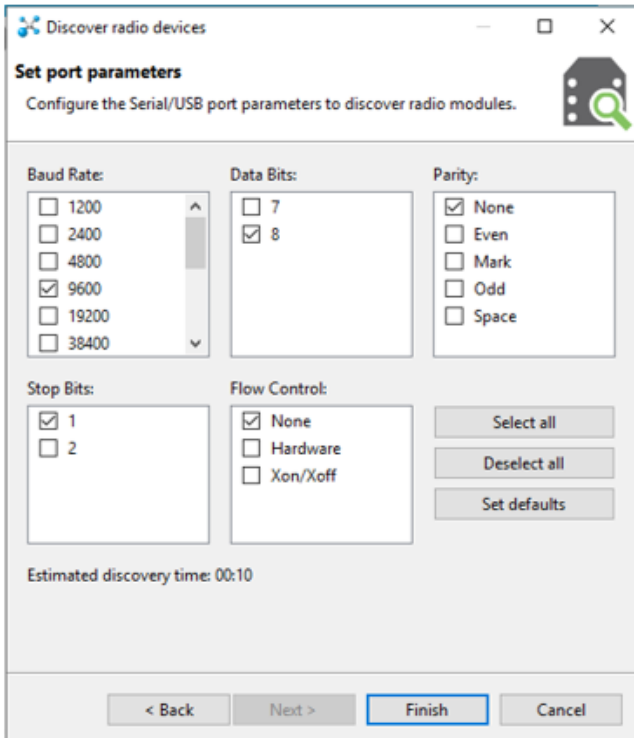


Anexo 11. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 9.

3.4. Configuración inicial de los dispositivos

Estos son los parámetros iniciales de configuración de un dispositivo para el cual nosotros deseamos utilizar para la comunicación inalámbrica.

Para continuar se le da click sobre el boton "Finish".



The screenshot shows a window titled "Discover radio devices" with a sub-section "Set port parameters". The instructions state: "Configure the Serial/USB port parameters to discover radio modules." The configuration options are as follows:

Baud Rate:	Data Bits:	Parity:
<input type="checkbox"/> 1200	<input type="checkbox"/> 7	<input checked="" type="checkbox"/> None
<input type="checkbox"/> 2400	<input checked="" type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> Even
<input type="checkbox"/> 4800		<input type="checkbox"/> Mark
<input checked="" type="checkbox"/> 9600		<input type="checkbox"/> Odd
<input type="checkbox"/> 19200		<input type="checkbox"/> Space
<input type="checkbox"/> 38400		

Stop Bits:	Flow Control:
<input checked="" type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> None
<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> Hardware
	<input type="checkbox"/> Xon/Xoff

Buttons: Select all, Deselect all, Set defaults

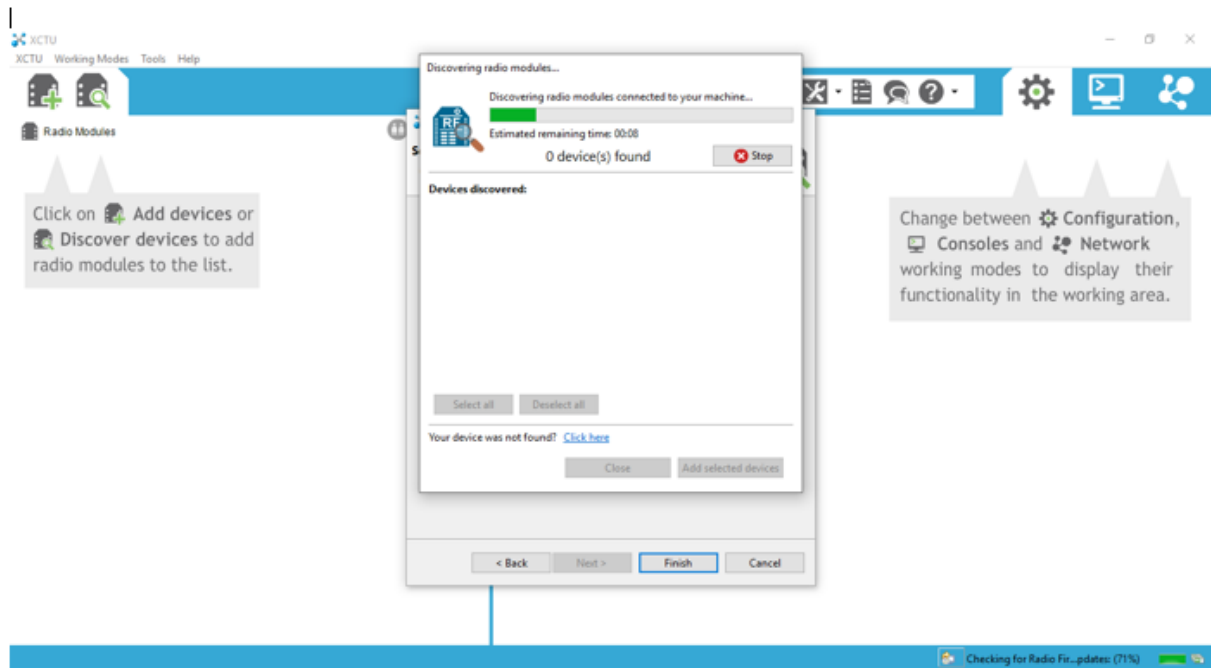
Estimated discovery time: 00:10

Navigation buttons: < Back, Next >, Finish, Cancel

Anexo 12. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 10.

3.5. Búsqueda de dispositivos

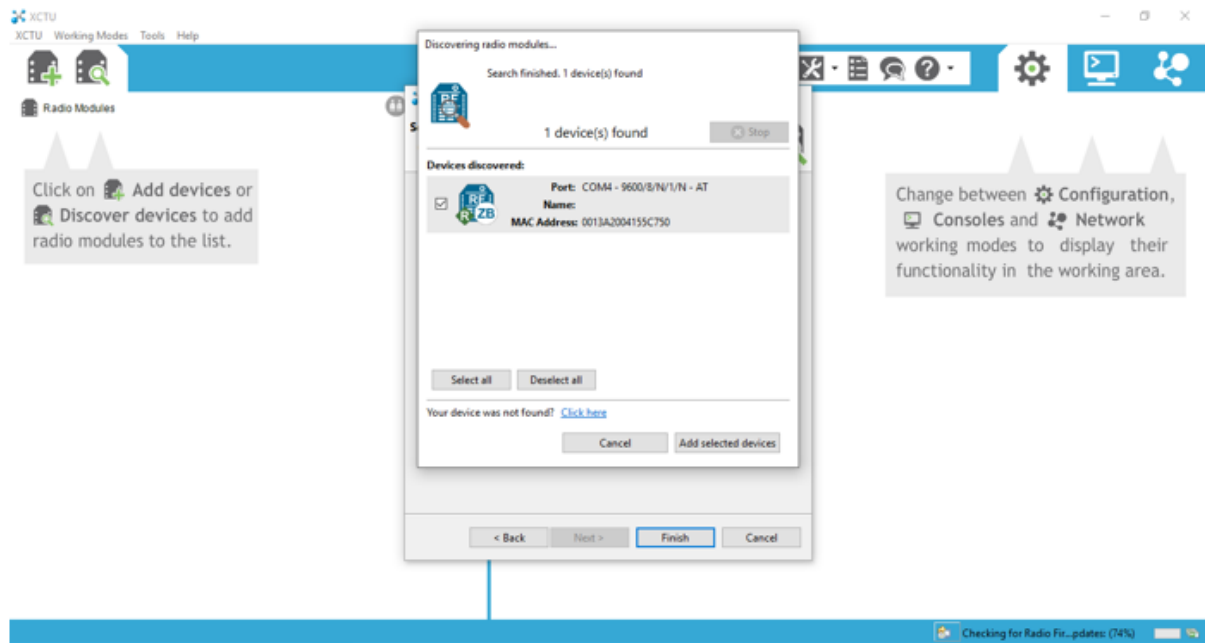
Esta ventana se despliega al momento de darle sobre el botón "Finish" que apareció en la ventana anterior. Aquí la aplicación empieza a buscar los dispositivos conectados al computador prestos para la comunicación.



Anexo 13. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 11.

3.6. Dispositivos reconocidos por la aplicación

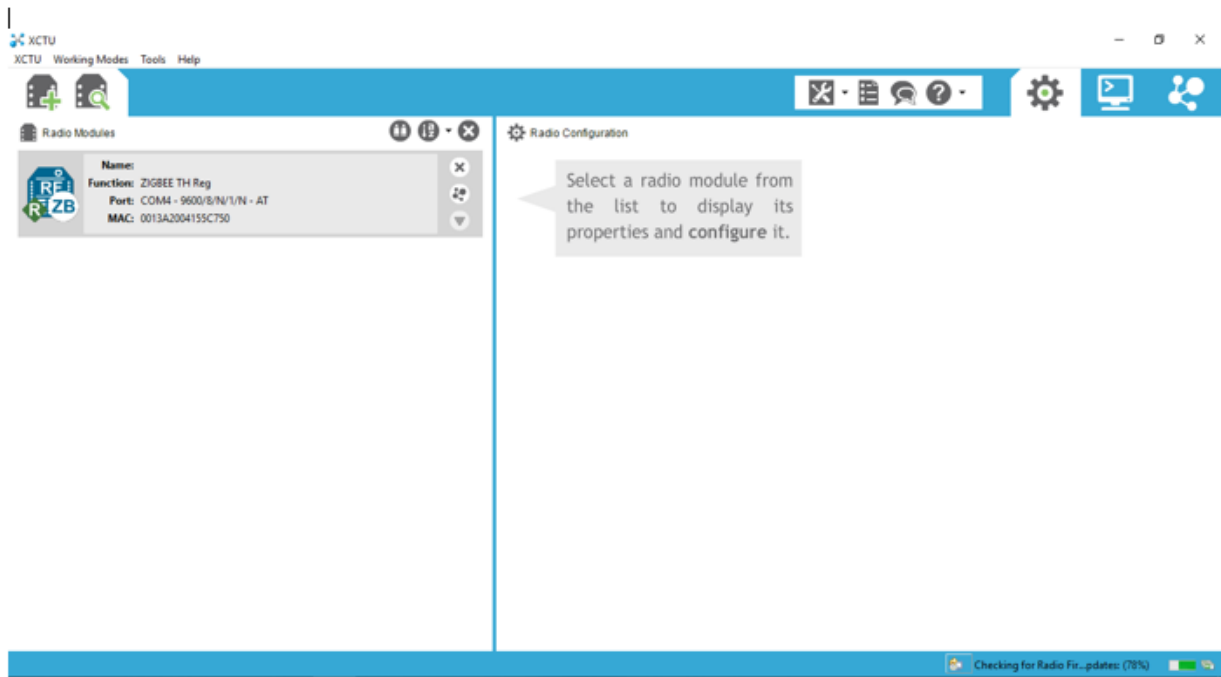
En esta ventana se visualizan los dispositivos que están prestos para la configuración de la aplicación.



Anexo 14. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente página 12.

3.7. Dispositivo reconocido por la aplicación

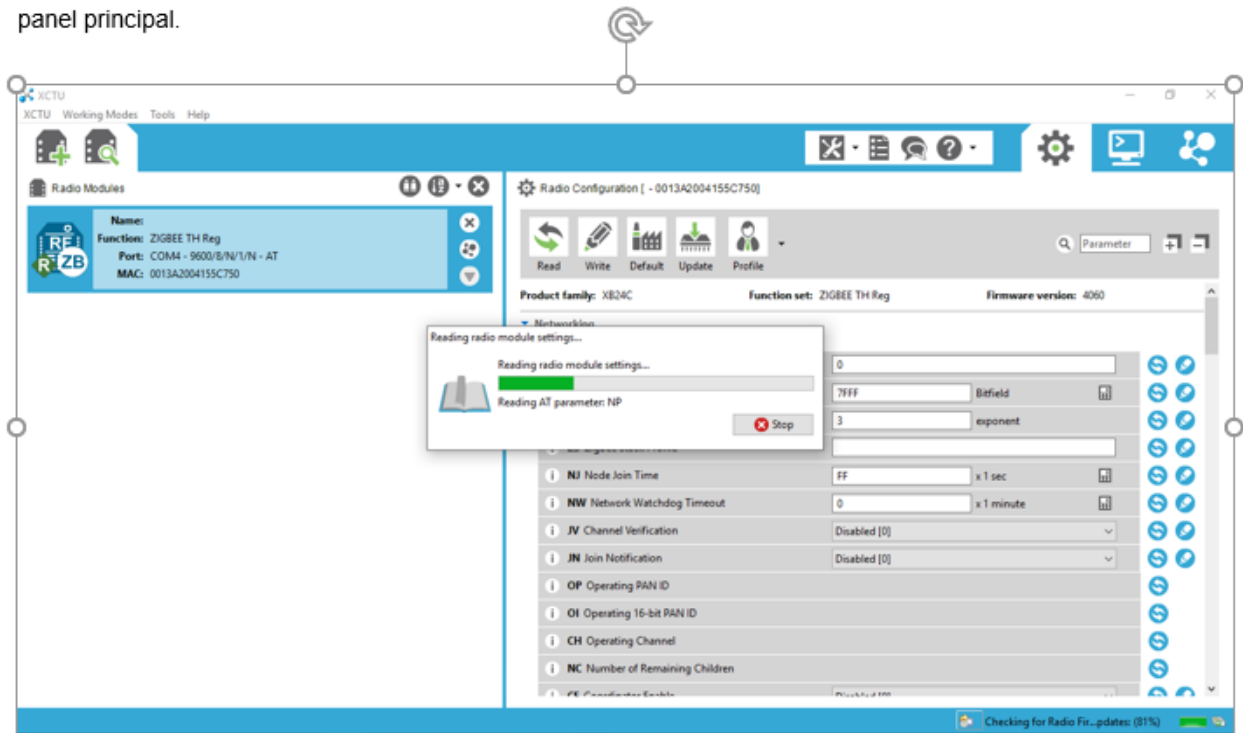
Cuando el dispositivo ya ha sido reconocido por la aplicación y no presenta ningún problema en el reconocimiento de la misma, este aparece en la parte izquierda del panel principal en donde se podrá ver la función que este tiene, el puerto por el que está conectado al computador y la dirección MAC de este.



Anexo 15. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 13.

3.8. Parametros de configuración del dispositivo

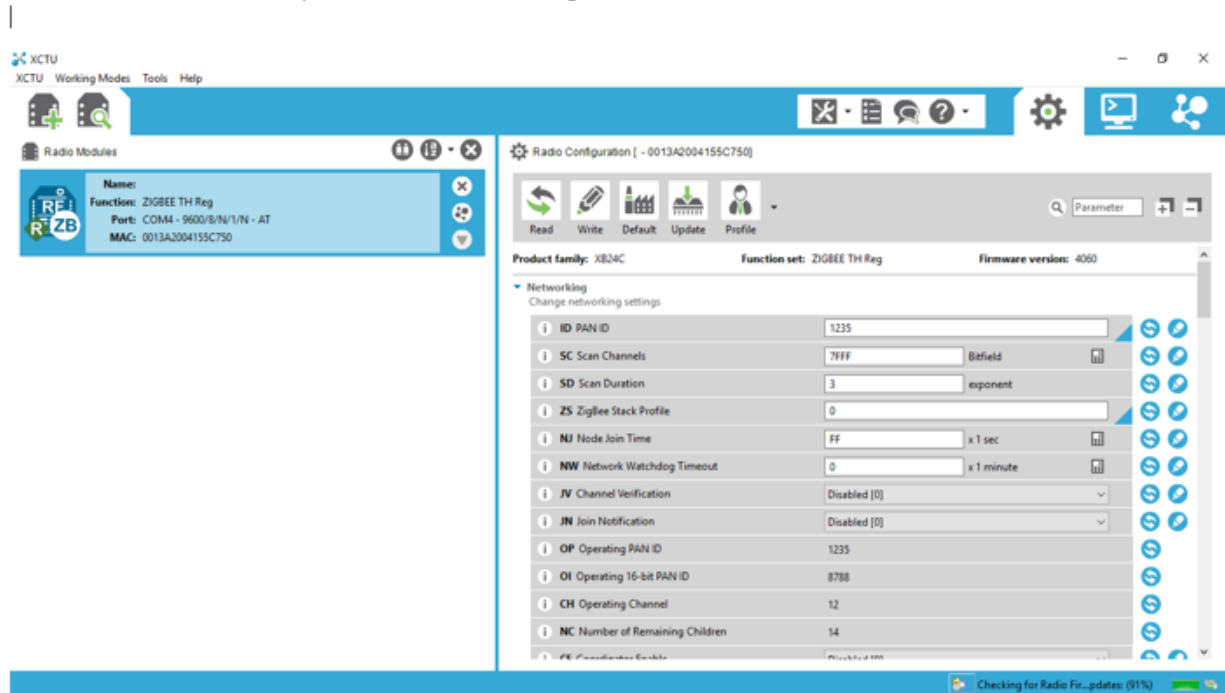
Al darle click sobre este dispositivo, se despliega los parametros de configuración en la parte derecha del panel principal.



Anexo 16. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 14.

3.9. Configuración del dispositivo inicial

Al estar en este punto se observan las configuraciones que el dispositivo tiene configuradas hasta el momento, de este punto en adelante se pasara a ejemplificar cuales son los parametros a configurar para realizar una conexion transparente entre 2 nodos ZigBee XBee.



Anexo 17. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 15.

4. Configuración modo transparente

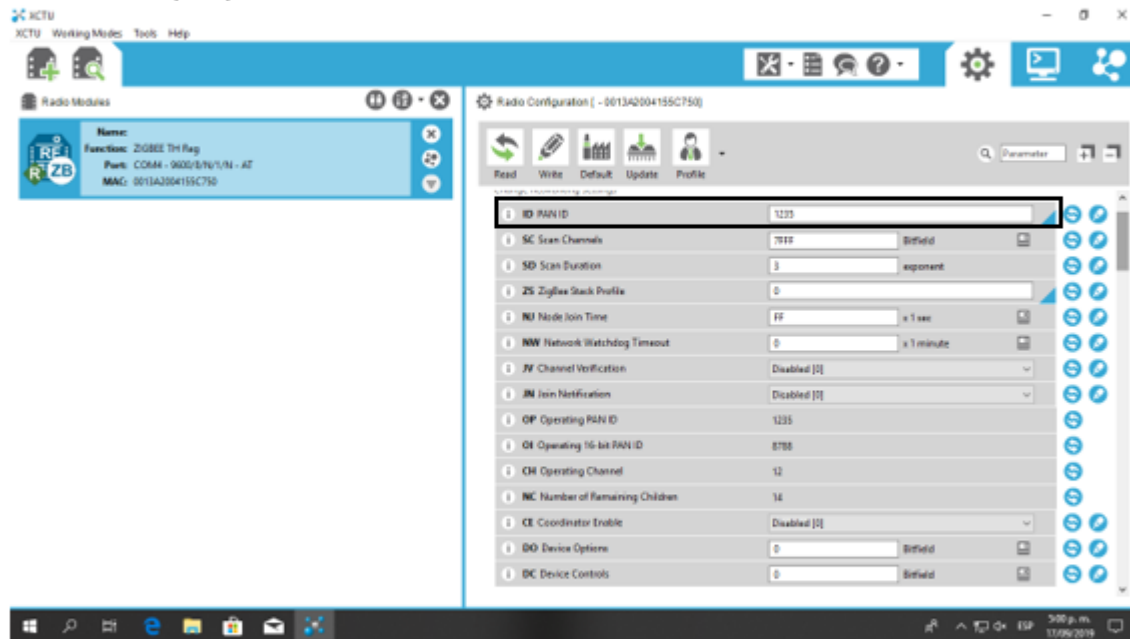
A continuación podremos ejemplificar la manera en la cual se debe de configurar los XBee para que funcionen en modo transparente.

Anexo 18. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 16.

4.1. Identificador de red o PAN ID

Este parámetro de configuración es el PAN ID el cual nos permite colocar un identificador de red único para nuestra red, este valor debe de concordar en todos los Xbee que se deseen configurar en la misma red, ya que este es el primer filtro que se evalúa al momento de recibir o enviar datos.

Cabe recalcar que aquí se puede colocar el valor que se desee, que para nuestro ejemplo se decidió colocar "12345" pero puede colocarse otros valores.

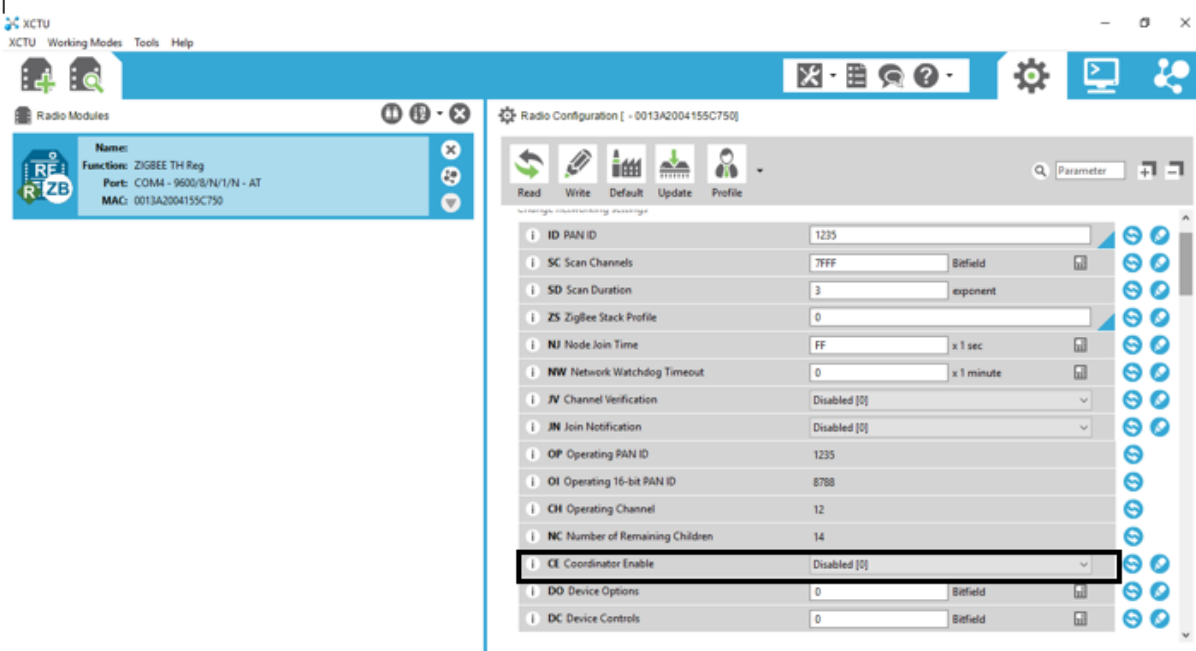


Cuando se modifique este o cualquier parámetro de los que se mostraran se puede observar un cambio en el color de la pestañita que se encuentra en la parte inferior derecha de cada parámetro, el color que esta tomara es de color verde indicando de este modo que el parámetro ha sido modificado y que aun no se han almacenados estos cambios. Para almacenar este o cualquier cambio del panel, se procede a dar click sobre el icono del lápiz que se encuentra al final de la región de los parámetros, cuando se hace esto el color de la pestañita anteriormente mencionada cambia automáticamente a su color habitual (Azul).

Anexo 19. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 17.

4.2. Rol del dispositivo

CE o Coordinator Enable, este parámetro nos permite definir cual es el rol que cumplirá el XBee en la red, ya que en una red de obtención, transformación y transporte de datos un XBee puede cumplir 3 roles fundamentales.



The screenshot displays the XCTU software interface. On the left, the 'Radio Modules' pane shows a ZigBee module with the following details:

- Name:
- Function: ZIGBEE TH Reg
- Port: COM4 - 9600/8/N/1/N - AT
- MAC: 0013A2004155C750

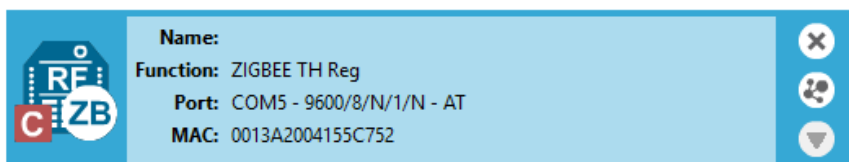
The main window is titled 'Radio Configuration [- 0013A2004155C750]'. It features a list of configuration parameters for the radio module. The 'CE Coordinator Enable' parameter is highlighted with a red box, showing its value as 'Disabled [0]'. Other parameters include ID PAN ID (1235), SC Scan Channels (7FFF), SD Scan Duration (3), ZS ZigBee Stack Profile (0), NJ Node Join Time (FF), NW Network Watchdog Timeout (0), JV Channel Verification (Disabled [0]), JN Join Notification (Disabled [0]), OP Operating PAN ID (1235), OI Operating 16-bit PAN ID (8788), CH Operating Channel (12), and NC Number of Remaining Children (14).

Parameter	Value	Unit/Type
ID PAN ID	1235	
SC Scan Channels	7FFF	Bitfield
SD Scan Duration	3	exponent
ZS ZigBee Stack Profile	0	
NJ Node Join Time	FF	x 1 sec
NW Network Watchdog Timeout	0	x 1 minute
JV Channel Verification	Disabled [0]	
JN Join Notification	Disabled [0]	
OP Operating PAN ID	1235	
OI Operating 16-bit PAN ID	8788	
CH Operating Channel	12	
NC Number of Remaining Children	14	
CE Coordinator Enable	Disabled [0]	
DO Device Options	0	Bitfield
DC Device Controls	0	Bitfield

Anexo 20. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 18.

4.2.1. Coordinador

Rol de Coordinador (CE = 1), solo se requiere 1 en cada red y nunca puede estar en modo sleep, puesto que si se pasa a modo sleep toda la red va a estar durmiendo, desde este se puede configurar toda la red.



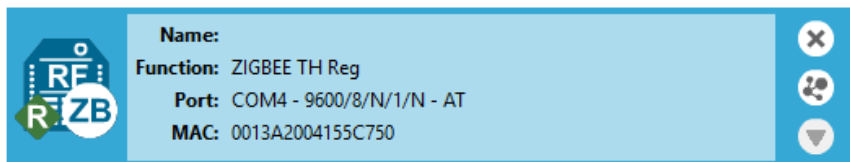
Se puede apreciar que en la parte inferior izquierda del Xbee reconocido, aparece un icono característico al rol del cual fue designado, que para este caso corresponde al del coordinador y se aprecia con una "C" en la figura.



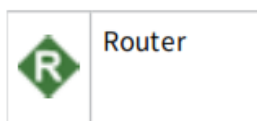
Anexo 21. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 19.

4.2.2. Router

Rol de Router (CE = 0), pueden existir múltiples router en una red, ellos se encargan de redirigir los mensajes a otros dispositivos (Coordinador, otros router o los dispositivos finales), estos tampoco pueden estar en modo Sleep.



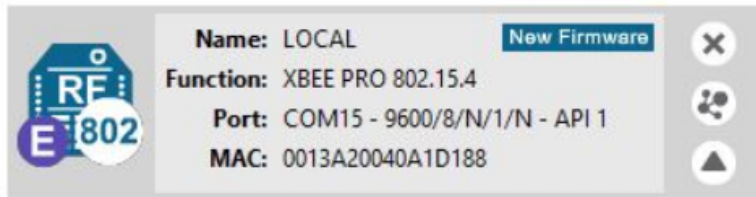
Se puede apreciar que en la parte inferior izquierda del Xbee reconocido, aparece un icono característico al rol del cual fue designado, que para este caso corresponde al router y se aprecia con una "R" en la figura.



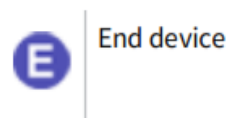
Anexo 22. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 20.

4.2.3. Dispositivos finales

End Device o dispositivos finales (CE = 0), pueden existir muchos de estos en una red, no pueden redirigir mensajes y estos se caracterizan por que pueden estar en modo sleep para poder ahorrar energía.



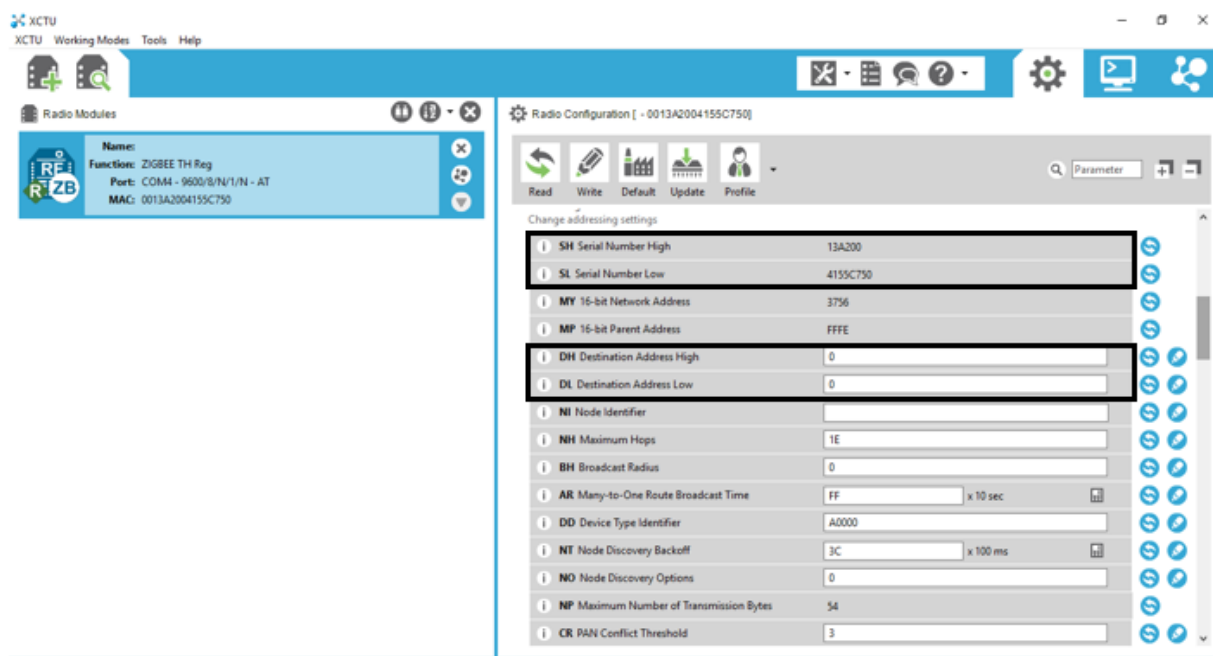
Se puede apreciar que en la parte inferior izquierda del XBee reconocido, aparece un icono característico al rol del cual fue designado, que para este caso corresponde al dispositivo final y se aprecia con una "E" en la figura.



Anexo 23. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 21.

4.3. Direcccionamiento (SH, SL, DH, DL)

En las secciones que aparecen a continuación son las que nos permiten identificar el dispositivo en cuestión en la red y el direccionamiento de los mensajes o datos que este dispositivo comparte en la red.



Anexo 24. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 22.

4.3.1. Serial Number High (SH) y Serial Number Low (SL)

El SH y SL son parámetros fundamentales a la hora de hacer una comunicación en específica con un dispositivo, ya que estos valores son únicos e irrepetibles y es la dirección que ocupa este dispositivo en la red.

Estos parámetros no son editables como se puede observar en la figura, estos datos son parámetros de fabrica que no se pueden alterar, a diferencia de los parámetros de DH y DL.

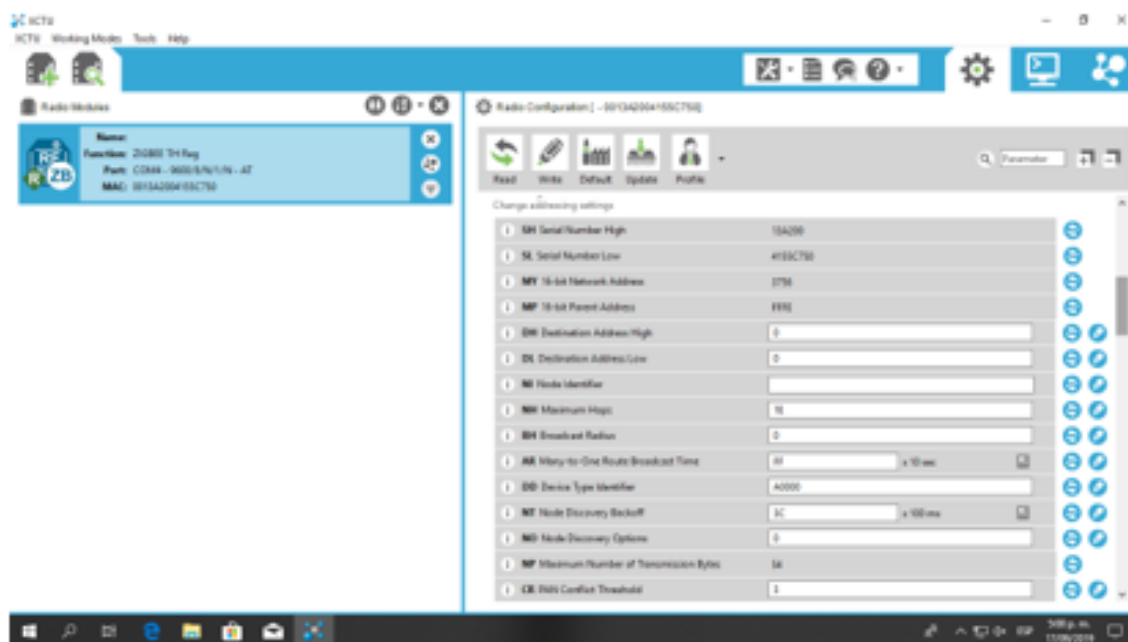
SH Serial Number High	13A200
SL Serial Number Low	4155C750

Anexo 25. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
 página 23.

4.3.2. Destination address High (DH) y Destination address Low (DL)

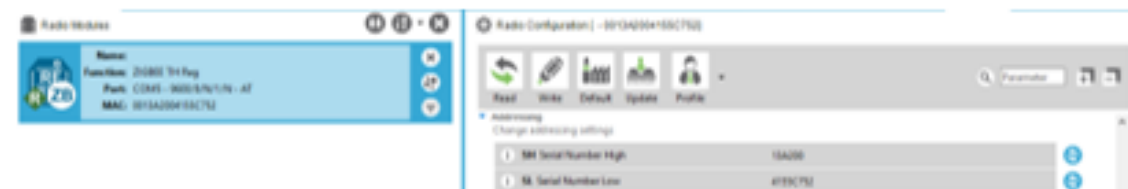
Estos dos parámetros tienen un papel fundamental a la hora del direccionamiento ya que según los valores que nosotros le configuremos así será la comunicación de este dispositivo en la red.

Para empezar, hay que tener claro que los valores de SH y SL que se comentaron anteriormente toman importancia en este punto, ya que si nosotros deseamos que nuestro dispositivo se comunique con un dispositivo en específico nosotros debemos de configurar DH y DL con los valores de SH y SL.



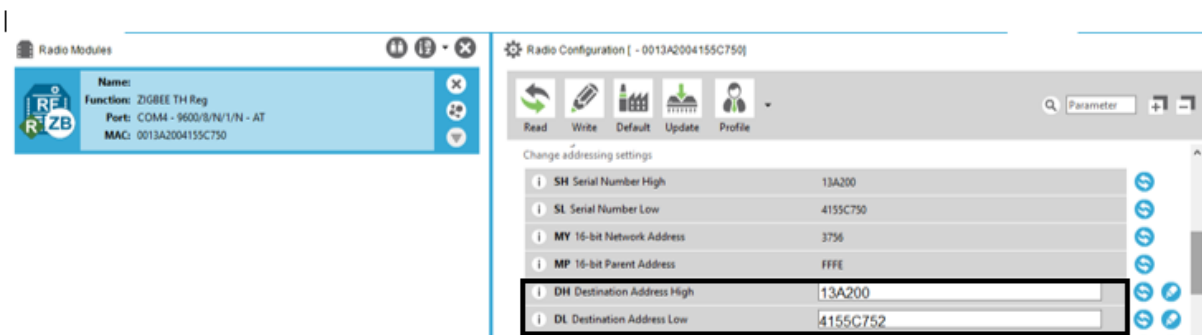
Vamos a tomar como ejemplo la imagen () en donde se evidencia que corresponde a un dispositivo configurado como router (llamémoslo dispositivo A), en este caso se nota que el DH y DL está con valores en cero "0", este es el valor por defecto con el cual traen configurados los dispositivos y esto significa que solo se comunicará con el coordinador de la red en la que se encuentra.

En caso de que queramos que este dispositivo tenga una comunicación punto a punto con otro dispositivo, se deben de cambiar estos valores por los de SH y SL del dispositivo que recibirá los datos. Para ello en la imagen que se encuentra a continuación encontraremos otro dispositivo que está configurado también como router (llamémoslo dispositivo B).



La configuración que el dispositivo A debe tener para comunicarse únicamente con el dispositivo B es la siguiente.

Anexo 26. Manual 3: Guía para la configuración de Xbee ZigBee - Modo transparente
página 24.



Como se puede apreciar en la imagen, el dispositivo A toma los valores correspondientes que identifican al dispositivo B en la red y los ingresa en los valores de DH y DL para que todos los datos que este transmita los reciba solamente el dispositivo B.

Ahora para terminar las diferentes formas de comunicación en red, tenemos el modo Broadcast, el cual consiste en el envío de información a todos los dispositivos que estén conectados en la misma red. Para ello es necesario que el DH se configure con valor de cero (0) y el DL se le debe de asignar valor de "FFF" de esta forma cualquier mensaje que el dispositivo transmita será transmitido a todos los dispositivos que se encuentren en la red.

Anexo 27. Invitación al I Encuentro de Investigación REDIS – Nodo Caribe “Tecnologías y Retos de la Industria 4.0”.



Cartagena, 14 de febrero de 2020

Ing. María Angelina García Medina
Directora de programa
Corporación Universitaria del Caribe

**Asunto: Invitación I Encuentro de Investigación REDIS Nodo Caribe
“tecnologías y Retos de la Industria 4.0”**

Estimado Ing. María Angelina García Medina, Cordial saludo.

El Nodo Caribe de La Red de Programas de Ingeniería de Sistemas y Afines (REDIS), tenemos el gusto de invitarlo al **I Encuentro de Investigación REDIS – Nodo Caribe “Tecnologías y Retos de la Industria 4.0”**, que se desarrollará los días 19 y 20 de marzo del presente año en la Corporación Universitaria Rafael Núñez, en la ciudad de Cartagena de Indias.

El Encuentro de Investigación busca propiciar espacios que permitan la transferencia de conocimientos en las tendencias tecnológicas, teniendo en cuenta los actuales retos para la profesión, por medio de la participación de estudiantes del programa de ingeniería de sistemas, quienes expondrán sus avances en el desarrollo del trabajo de grado y su participación en los semilleros de investigación, como resultado de esta actividad se premiarán los 10 mejores trabajos. También se proyecta un ciclo de conferencias dirigidas por docentes investigadores sobre los siguientes ejes temáticos: Tecnologías que soportan la Industria 4.0 y Nuevos retos en Ingeniería, buscando la conformación de redes de colaboración para generar investigación e innovación en el área.

Entre las universidades que hacen parte del comité organizador se encuentran: Universidad Popular del Cesar (UPC), Universidad Simón Bolívar, Universidad del Norte, Universidad Libre Seccional Barranquilla, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), y la Corporación Universitaria Rafael Núñez.

Anexo 28. Poster de participación en el I Encuentro de Investigación REDIS – Nodo Caribe “Tecnologías y Retos de la Industria 4.0”.

Prototipo recolector de datos para la medición de temperatura, pH y oxígeno disuelto presente en estanques de cultivo de peces



Roberto Sehuanez Jiménez
 Programa Ingeniería de sistemas
 Corporación Universitaria del Caribe CECAR
 rober.sehuanez@cecar.edu.co

Miguel Ángel Romero Garavito
 Docente programa Ingeniería de sistemas
 Corporación Universitaria del Caribe CECAR
 miguel.romerog@cecar.edu.co

Eberto Darío Porto Mass
 Docente Programa Ingeniería de sistemas
 Corporación Universitaria del Caribe CECAR
 eberto.porto@cecar.edu.co



Resumen

El presente proyecto consiste en el desarrollo de un sistema de monitorización de la calidad del agua en estanques de cultivos de peces permitiendo la medición de los componentes fisicoquímico que posee el agua, haciendo énfasis en el pH, oxígeno disuelto y temperatura, garantizando el crecimiento óptimo de alevines. La medición de estos componentes en intervalos cortos de tiempo determina un seguimiento, gestión y control oportuno de la calidad del agua para el crecimiento de los peces. Actualmente se toma la medición manual y en intervalos de 4 a 6 horas, para analizar esta problemática es necesario llevar un registro que nos permita conocer, en tiempo real, el comportamiento de las variables fisicoquímicas del agua en los estanques durante el tiempo de duración del cultivo con la finalidad de obtener datos que determinen una producción óptima de peces en los estanques, creando así un histórico de las condiciones para cultivo en las diferentes épocas del año y que sea referente para tener una analítica de datos que ayuden a la mejora continua del proceso.

Palabras clave: Piscicultura, calidad del agua, monitoreo, Arduino, industria 4.0.

Planteamiento del problema

La piscicultura tiene por objetivo el cultivo racional de los peces, lo que comprende particularmente el control de su crecimiento y su reproducción, uno de los problemas actualmente en los estanques naturales o artificiales es la carencia de información en tiempo real que permita una intervención eficiente en el proceso de cultivo. En la actualidad los pequeños y medianos productores de la región de la mojana sucriera no cuentan con los recursos y las técnicas de monitorización de la calidad del agua en estanques necesario para el desarrollo óptimo de los peces, conllevando a que la producción se vea mitigada y aumentando los costos de mantenimiento para estos. La falta de cultura y de adaptación a las nuevas tecnologías ocasiona que la tasa de mortalidad aumente en épocas de intenso verano. Sin dejar de lado que las técnicas usadas actualmente son aún artesanales y en ocasiones no generan la utilidad que el mercado demanda.

Objetivos

Objetivo General:
 Desarrollar un prototipo recolector de datos para la medición de temperatura, pH y oxígeno disuelto presente en estanques de cultivos de peces.

Objetivos específicos:

- Diseñar un prototipo electrónico para la lectura y registro de pH, Oxígeno Disuelto y Temperatura en estanques de cultivo de peces.
- Seleccionar un protocolo de comunicación para la transmisión de información entre nodos sensores.
- Evaluar el prototipo funcional a través de pruebas de campo en ambientes controlados simulando las variables físico-químicas presentes en un estanque de peces.

Justificación

Cada día, el sector de la piscicultura genera mayores avances que contribuyen a la utilización óptima los recursos del entorno y en la eficiencia de los procesos (Navarro, Padilla & Prias, 2013). Uno de estos avances ha sido integrar métodos automatizados y telemáticos que permitan la supervisión constante de las variables fisicoquímicas desde lugares remotos y responder rápidamente en caso de cambios en el estanque o ambiente, de esta manera se reducen las posibles pérdidas producto (López, Cubillos & Rodríguez, 2015). Por lo cual se propone desarrollar un dispositivo que nos permitirá registrar el pH, oxígeno disuelto y temperatura con el fin de llevar un seguimiento en tiempo real y generar una alerta ante el incremento y la disminución de los valores de referencia.

Antecedentes

Existen muchos factores que intervienen en el desarrollo de los peces sea (pH, turbiedad, oxígeno disuelto, temperatura, brinca, luminosidad e incluso hasta el viento), tomando medidas pertinentes cuando sea necesario caso fue tomado en cuenta en la piscicultura del alto magdalena, localizada a 2 km. Del municipio del Gigante (Huila) y a 900 m.s.n.m. En donde se realizó un estudio y se documentaron los resultados obtenidos por medio de un trabajo de grado presentado por Valbuena, R. & Cruz, P. en la Universidad Sur Colombiana en el año 2006, en donde se concluye que la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua están correlacionados, y que este último a su vez está relacionado con el peso corporal. Ya que al aumentar la temperatura el consumo de oxígeno aumentaba y a diferencia de lo que se cree, un pez con menor peso corporal tiene mayor demanda por su metabolismo.

Método

la metodología empleada será de tipo XR, ya que se busca desarrollar un dispositivo que cumpla los estándares de desarrollo donde intervienen la validación y corrección de errores en todos los procesos o tareas realizadas. Este desarrollo es llevado a cabo por la fragmentación del proyecto en tareas las cuales se entregarán para su validación y si es preciso, su corrección. Esta metodología ágil permite llevar un desarrollo óptimo, cumpliendo así las metas planteadas y entregando un producto de calidad, por los controles de las versiones que se llevan a cabo en cada entrega.



Resultados

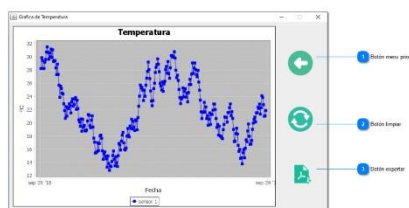


Figura 1. Ventana con opciones para las gráficas.



Figura 2. Prototipo funcional.

Conclusiones

- Se desarrolló un sistema de lectura y registro histórico de datos que permiten conocer el estado de la calidad del agua en estanques de peces realizando la medición en 2 profundidades del estanque permitiendo así una mejor perspectiva de la calidad del agua en diferentes niveles del estanque.
- El protocolo de comunicación WLAN permite una comunicación confiable y estable en el tiempo entre el nodo sensor y el host donde se encuentra la base de datos que almacena la información y permite la gestión de la misma.
- El prototipo es evaluado en entornos controlados y entorno real logrando resultados muy satisfactorios y de gran interés y utilidad para los pequeños y medianos piscicultores de la región de la mojana sucriera.

Referencias Bibliográficas

- Valbuena, R. & Cruz, P. (2006). Efecto del peso corporal del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Orinoquia, 2006, vol. 10, N° 1. Obtenido el 03 abril de 2018, de <http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/200>
- Urdiain, L. O., Romero, C. P., Doggen, J., Dams, T., & Van Houtven, P. (2012). Wireless sensor network protocol for smart parking application experimental study on the arduino platform. En la 2ª Conferencia Internacional sobre la informática ambiental, aplicaciones, servicios y tecnologías. Obtenido el 30 de mayo de 2018. De <https://pdfs.semanticscholar.org/1083/f3c83a2c5aa1097a537fbcd6264a8834c5f1.pdf>
- Vivas, L. y Navarrete, S. (2014). Protocolo Indicador Calidad de Agua (ICAMPF). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMF). Invenmar, SEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invenmar No. 69, Santa Marta. 32 p.

Anexo 29. Resultado de participación en el I Encuentro de Investigación REDIS – Nodo Caribe “Tecnologías y Retos de la Industria 4.0”.

Título del póster	póster	evidencias	un resumen	claridad el	de	una	metodológic	ilustraciones	conclusiones	referencias	TOTAL	Institución que envió
Programa Generación Vida Nueva	5	1	5	5	4	5	5	5	5	3	43	UNISIMONBOLIVAR
Prototipo recolector de datos para la medición de temperatura, pH y oxígeno disuelto presente en estanques	5	5	3	4	5	3	4	5	4	5	43	CECAR
TECNOLOGIAS IMPLEMENTADO RASPBERRY PI	4	4	5	4	4	5	4	4	4	5	43	UNITECNAR
DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	4	4	4	4	5	4	3	5	4	5	42	CORPOSUCRE
MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EN LA CIÉNAGA LA CAIMANERA EN EL MUNICIPIO	5	5	4	5	5	4	4	3	3	4	42	CORPOSUCRE
Automatización del Sistemas de Izado y Arriado de Mástiles en un Submarino Oceánico.	5	1	4	4	5	5	3	5	4	5	41	UNAD
Plataforma Web para el Desarrollo de Pruebas Adaptativas	4	5	4	4	4	4	4	3	4	5	41	UNISINU
IDENTIFICACIÓN Y DETECCIÓN DE PATRONES DELICTIVOS EN EL HURTO DE VEHÍCULOS DEL MUNICIPIO	5	5	3	5	5	4	4	4	3	3	41	UPC
SERVIDOR VoIP CON RASPBERRY PI	5	5	4	3	3	3	4	4	4	5	40	CUC
Neurológicas - NEUROSYS.	5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	40	CECAR
Desarrollo de una Red Neuronal Convolutional para Reconocer Patrones en Imágenes.	5	5	4	3	4	3	4	4	3	5	40	UNISIMON
ARQUITECTURA DE SOLUCIÓN WEB PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE GRADOS	4	4	4	5	2	4	2	5	5	5	40	UNAD

Anexo 30. Convocatoria para el XI Encuentro Interno de Semilleros de Investigación.



**CONVOCATORIA INTERNA PARA FORMACIÓN Y
FORTALECIMIENTO DE SEMILLEROS DE INVESTIGACION DE LA
CORPORACION UNIVERSITARIA DEL CARIBE**

**VICERRECTORIA DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACION
FEBRERO DE 2018**

1. INTRODUCCIÓN

La Vicerrectoría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Corporación Universitaria del Caribe -CECAR, en consonancia con el Plan de Desarrollo Institucional, el Sistema Institucional de Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTel) y las Políticas Públicas para fomentar la cultura de CTel en Colombia, presenta la presente convocatoria cuyo propósito es facilitar el acercamiento a la investigación de estudiantes de pregrado y posgrado mediante su vinculación a semilleros de investigación, adscritos a Grupos de investigación de CECAR, de tal forma que estos estudiantes adquieran competencias investigativas, aplicando la metodología de Aprender a investigar investigando.

Esta convocatoria promueve la iniciación y entrenamiento de los estudiantes y egresados cecarenses en el ámbito científico con el propósito de permitirles adquirir un perfil de investigadores e innovadores capaces de generar soluciones reales a las necesidades de conocimiento del país y de la región.

2. OBJETIVOS

Objetivo General:

Conformar un banco de proyectos de semilleros de investigación, con miras a participar en el encuentro departamental de la Red Colombiana de Semilleros de Investigación – RedCOLSI; así como la creación de nuevos semilleros y consolidación de los existentes.

Anexo 31. Formato de inscripción para proyectos de investigación en el marco del XI
Encuentro Interno de Semilleros de Investigación



**FORMATO UNICO DE INSCRIPCIÓN PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN:
PROPUESTA, INVESTIGACIÓN EN CURSO, INVESTIGACION TERMINADA**

País	Colombia
Nodo	Sucre
Institución	CECAR
Nombre del Semillero	Eco-Smart City
Grupo de Investigación/ Línea(s) de Investigación	SIMULACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA PROCESOS INDUSTRIALES / CIENCIA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
Nivel de Formación	9 Semestre
Programa Académico	Ingeniería de Sistemas.
Título del Proyecto	DESARROLLO DE UN PROTOTIPO RECOLECTOR DE DATOS PARA LA MEDICION DE TEMPERATURA, pH Y OXIGENO DISUELTO EN EL AGUA PRESENTE EN ESTANQUES DE LA PISCICOLA MARACA LTDA.
Autor(es)	ROBER MANUEL SEHUANEZ JIMENEZ LUIS FERNANDO PACHECO BERTEL
Ponente(s)	ROBER MANUEL SEHUANEZ JIMENEZ CC. 1102836803