



*El Internet de las Cosas (IoT) en la acuaponía: estándar, hardware y software*

*The Internet of Things (IoT) in aquaponics: standard, hardware and software*

*A Internet das Coisas (IoT) na aquaponia: padrão, hardware e software*

Jorge Eduardo Cevallos-Zhunio<sup>I</sup>

[jorge.cevallosz@ug.edu.ec](mailto:jorge.cevallosz@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-8976-2973>

Carlos Alex Valle-Chiriboga<sup>II</sup>

[carlitos.alex.valle@gmail.com](mailto:carlitos.alex.valle@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-0090-378X>

Robert Gregory Posligua-Muñoz<sup>III</sup>

[rposligu@gmail.com](mailto:rposligu@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0007-2944-7155>

Mabelaine Irene Vera-Huayamave<sup>IV</sup>

[mabelaine.verah@ug.edu.ec](mailto:mabelaine.verah@ug.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0009-5349-7501>

**Correspondencia:** [jorge.cevallosz@ug.edu.ec](mailto:jorge.cevallosz@ug.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 30 de octubre de 2023 \* **Aceptado:** 20 de noviembre de 2023 \* **Publicado:** 01 de diciembre de 2023

- I. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- II. Universidad Ecotec, Ecuador.
- III. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- IV. Universidad de Guayaquil, Ecuador.

## Resumen

En este proyecto se realizó una investigación documental con un estudio de tipo exploratorio con un enfoque cualitativo, se efectuó un grupo focal con cuatro expertos en acuaponía y tres expertos en proyectos de IoT. Se utilizó el método deductivo, ya que se pasó de lo general a lo específico para conocer sobre las principales herramientas de IoT que se pueden utilizar en la acuaponía. El grupo focal permitió determinar que los principales parámetros que se deben medir en acuaponía mediante sensores son: temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitritos-nitratos, amonio, dióxido de carbono y turbidez del agua. Las herramientas IoT deben estar enfocadas en el alcance del proyecto y de la infraestructura del sistema acuapónico, estas no deben ser intrusivas para el desarrollo de las especies (plantas o peces), y a la vez deben mostrar información en tiempo real visible en dispositivos móviles. Las placas de desarrollo que se pueden utilizar para la acuaponía son Raspberry Pi Pico W, NodeMCU y Arduino MKR NB 1500, las tres permiten conectarse mediante Wifi. La ISO/IEC 30141:2018 proporciona una arquitectura de referencia de IoT estandarizada. La electroválvula, módulo relé, servomotor y controlador del nivel de agua son actuadores que se pueden usar en la acuaponía; el sensor DS18B20 permite medir la temperatura del agua, el PH-4502C mide el pH, SEN0189 mide la turbidez, el AN-ISE es un sensor combinado para amonio y nitrato. Las plataformas IoT ThingSpeak y myDevices Cayenne pueden usarse en acuaponía sin tener mayores conocimientos tecnológicos.

**Palabras Clave:** IoT; Acuaponía; Acuicultura; Hidroponía.

## Abstract

In this project, a documentary investigation was carried out with an exploratory study with a qualitative approach, a focus group was carried out with four experts in aquaponics and three experts in IoT projects. The deductive method was used, since it went from the general to the specific to learn about the main IoT tools that can be used in aquaponics. The focus group determined that the main parameters that should be measured in aquaponics using sensors are: temperature, pH, dissolved oxygen, nitrites-nitrates, ammonium, carbon dioxide and water turbidity. IoT tools must be focused on the scope of the project and the infrastructure of the aquaponic system, they must not be intrusive for the development of the species (plants or fish), and at the same time they must display real-time information visible on mobile devices. The development boards that can be used for aquaponics are Raspberry Pi Pico W, NodeMCU and

Arduino MKR NB 1500, all three of which allow connection via Wifi. ISO/IEC 30141:2018 provides a standardized IoT reference architecture. The solenoid valve, relay module, servomotor and water level controller are actuators that can be used in aquaponics; the DS18B20 sensor measures water temperature, the PH-4502C measures pH, SEN0189 measures turbidity, the AN-ISE is a combined sensor for ammonium and nitrate. The ThingSpeak and myDevices Cayenne IoT platforms can be used in aquaponics without having greater technological knowledge.

**Keywords:** IoT; Aquaponics; Aquaculture; Hydroponics.

### Resumo

Neste projeto foi realizada uma investigação documental com um estudo exploratório com abordagem qualitativa, foi realizado um grupo focal com quatro especialistas em aquaponia e três especialistas em projetos de IoT. Foi utilizado o método dedutivo, pois passou do geral ao específico para conhecer as principais ferramentas IoT que podem ser utilizadas na aquaponia. O grupo focal determinou que os principais parâmetros que devem ser medidos na aquapônica por meio de sensores são: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, nitritos-nitratos, amônio, dióxido de carbono e turbidez da água. As ferramentas IoT devem estar focadas no âmbito do projeto e na infraestrutura do sistema aquapônico, não devem ser intrusivas para o desenvolvimento das espécies (plantas ou peixes), e ao mesmo tempo devem exibir informação em tempo real visível no dispositivos móveis. As placas de desenvolvimento que podem ser utilizadas para aquaponia são Raspberry Pi Pico W, NodeMCU e Arduino MKR NB 1500, sendo que todas as três permitem conexão via Wifi. A ISO/IEC 30141:2018 fornece uma arquitetura de referência de IoT padronizada. A válvula solenóide, módulo de relé, servomotor e controlador de nível de água são atuadores que podem ser utilizados em aquaponia; o sensor DS18B20 mede a temperatura da água, o PH-4502C mede o pH, o SEN0189 mede a turbidez, o AN-ISE é um sensor combinado para amônio e nitrato. As plataformas ThingSpeak e myDevices Cayenne IoT podem ser utilizadas em aquaponia sem maior conhecimento tecnológico.

**Palavras-chave:** IoT; Aquaponia; Aquicultura; Hidroponia.

### Introducción

Internet de las cosas o con sus siglas en ingles Internet of Things (IoT) se basa en la interconexión e integración del mundo físico con el mundo de la información, lo cual se traduce en la conexión

de dispositivos y objetos a la red. El objetivo de IoT es el desarrollo de aplicaciones y servicios que mejoren la calidad de vida de las personas, así como también la automatización de tareas mejorando los procesos de ejecución en tiempos y costos (Ortiz Monet, 2019).

El Internet de las Cosas se está usando en diferentes campos y la acuaponía no es la excepción, los acuicultores y agricultores están conscientes de la utilidad de automatizar actividades y de tener información en tiempo de real de los parámetros físicos y químicos de los cultivos acuapónicos y debido a eso se han desarrollado varios proyectos e investigaciones usando estas tecnologías.

En la búsqueda de implementar sistemas sustentables, económicos y amigables con el ambiente aparece el uso de la acuaponía que es un sistema que consta de dos técnicas o métodos de cultivos: la acuicultura, que es el cultivo de peces, y la hidroponía que es el cultivo de plantas en disoluciones minerales, se basa en el reciclaje de nutrientes entre los dos sistemas, lo que permite producir alimentos de manera sostenible. “La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no” (Gimenez, 2015, pág. 10).

La acuaponía ha ido evolucionando en las últimas décadas dando enormes pasos en la manera de usar técnicas de producción y cuidado de peces, como también en la implementación de tecnologías para facilitar trabajos que los empleados necesitan realizar a diario, con la incursión de recursos tecnológicos como el internet de las cosas (IoT) (Carvajal, 2018). En los últimos 10 años, el término IoT ha revolucionado a nivel global los objetos físicos que van conectados a una red, que permite que cualquier objeto tenga conectividad en cualquier momento y en cualquier lugar (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015).

Con base a la creciente demanda de recursos tecnológicos para optimizar los trabajos realizados por los productores acuícolas y agricultores se ha realizado esta investigación para conocer sobre las principales herramientas de IoT que se pueden utilizar en la acuaponía.

### **Métodos o metodología**

En este proyecto se realizó una investigación documental con un estudio de tipo exploratorio con un enfoque cualitativo, se efectuó un grupo focal con cuatro expertos en acuaponía y tres expertos en proyectos de IoT, el moderador fue uno de los investigadores. El objetivo del grupo era obtener

un consenso sobre la información que se debía recopilar mediante los sensores y las características que deben tener los prototipos o productos del internet de las cosas en la acuaponía.

La investigación documental determinada por Ortega (2017) como aquella que se apoya en fuentes documentales. Como subtipos de esta investigación, se encuentra la investigación bibliográfica, la hemerográfica y la archivística; la primera se basa en la consulta de libros, la segunda en artículos o ensayos de revistas y periódicos, y la tercera en documentos que se encuentran en los archivos, como cartas, oficios, circulares, expedientes, etcétera.

En la recolección de datos se utilizó fuentes de datos secundarios (libros digitales e impresos, informes, artículos científicos y de revisión), que según explica Pulido (2015) en el proceso de investigación se distinguen dos tipos fundamentales de datos: los primarios y los secundarios. Los primarios hacen referencia a informaciones recogidas de primera mano, mientras que los secundarios son datos extraídos de los datos originales recogidos por otras personas.

Para el análisis y selección de la información, proporcionados por las fuentes de datos, se utilizó fichas de registros de información, técnica del subrayado y resúmenes. Las fuentes de información de preferencia fueron: buscadores académicos, bases de datos bibliográficas, bibliotecas electrónicas, sistemas de información de revistas científicas, sitios web de proveedores de tecnología.

Se utilizó el método deductivo, ya que se pasó de lo general a lo específico para conocer sobre las principales herramientas de IoT que se pueden utilizar en la acuaponía. El método deductivo — que en términos de sus raíces lingüísticas significa conducir o extraer— está basado en el razonamiento, al igual que el inductivo. Sin embargo, su aplicación es totalmente diferente, ya que en este caso la deducción intrínseca del ser humano permite pasar de principios generales a hechos particulares (Prieto, 2017).

## **Resultados**

Se realizó una investigación documental, complementada por un grupo focal.

### **Resultados del grupo focal**

¿Qué parámetros relevantes en la acuaponía podrían medirse mediante el internet de las cosas?

En la interacción grupal se mencionaron parámetros como: temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitritos-nitratos, amonio, dióxido de carbono y turbidez del agua (esto lo visualizan). Sin embargo, algunos expertos mencionaron la complejidad de encontrar sensores para medir nitritos y nitratos,

oxígeno disuelto, e incluso mencionaron que a nivel país no se encuentran y deben pedirlos por internet.

¿Cuántas veces al día deben medirse los parámetros en la acuaponía?

El consenso de los participantes fue de dos veces al día, considerando la materia orgánica que se genera en estos cultivos. Mencionaron la importancia de la calidad del agua y del control de los parámetros.

¿Las herramientas de IoT (Internet de las cosas) afectarían de forma negativa en el desarrollo de las especies acuícolas o agrícolas?

Los participantes mencionaron que no existe evidencia que los sensores provoquen algún inconveniente en el normal desarrollo de las especies. Un participante se abstuvo de emitir comentarios.

¿Qué características debe tener el prototipo o producto IoT?

El grupo coincidía que la conectividad Wifi es un tema esencial en el Internet de las cosas para la acuaponía, considerando la infraestructura que normalmente han implementado los productores de estos sistemas. Los expertos mencionaron que el producto IoT no debe ser intrusivo para el desarrollo de las especies (plantas o peces), y a la vez debe mostrar información en tiempo real que se pueda visualizar desde los dispositivos móviles.

¿Mencione hacia donde apunta el IoT en la acuaponía?

Los participantes mencionaron que será posible determinar si los peces están comiendo, configurar la alimentación automática, climatizar el agua; los microcontroladores se podrán unir a asistentes virtuales o dispositivos móviles. Los agricultores podrán cuidar el sistema acuapónico de manera remota.

### **Resultados de la investigación documental**

Se realizó una búsqueda en la base de datos Scopus, con las palabras IoT and aquaponics, considerando que no se obtuvo resultados buscando en español; la búsqueda filtrada desde el 2018 al 2023 mostró 98 documentos en inglés y ninguno de ellos realizados en Sudamérica.



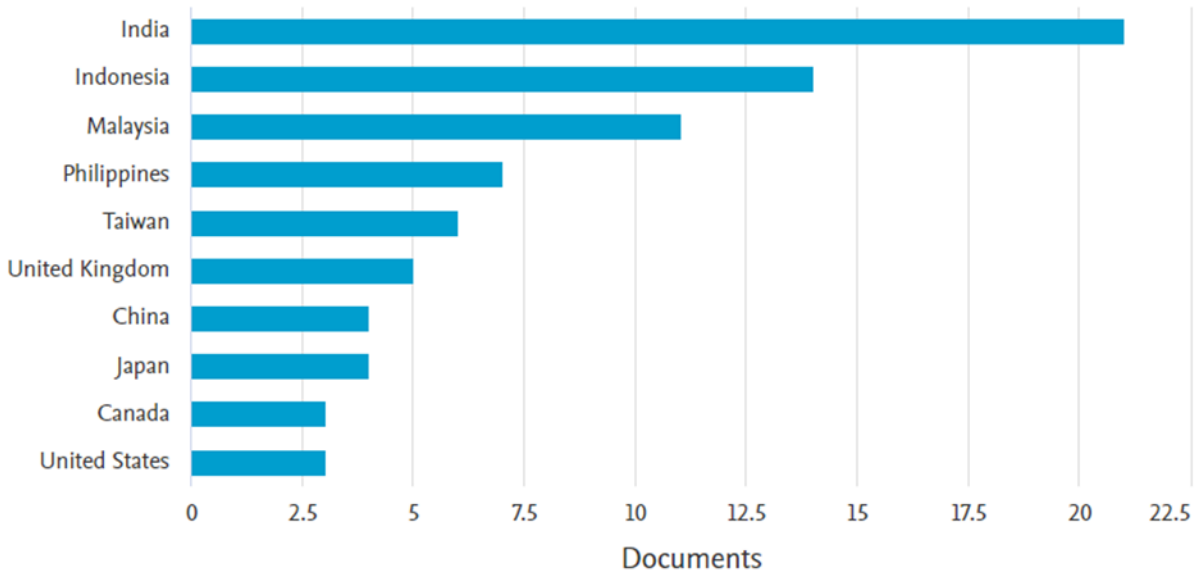


Figura 1 Resultados de búsqueda de la cadena: "IoT and aquaponics"

La información y herramientas investigadas fueron: estándares de IOT, tarjetas o placas de desarrollo, microcontroladores (MCU), actuadores, sensores, IDE para IoT, plataformas IoT, de acuerdo, a las necesidades del sistema acuapónico y al alcance del proyecto de IoT se deben utilizar los diferentes dispositivos o aplicaciones, lo mencionado en conforme a las distintos prototipos y arquitecturas revisadas en el análisis documental.

### **Estándar de IOT**

ISO/IEC 30141:2018 este documento proporciona una arquitectura de referencia de IoT estandarizada que utiliza un vocabulario común, diseños reutilizables y las mejores prácticas de la industria. Utiliza un enfoque de arriba hacia abajo, comenzando con la recopilación de las características más importantes de IoT, abstrayéndolas en un modelo conceptual de IoT genérico, derivando una referencia basada en un sistema de alto nivel con la subsiguiente disección de ese modelo en cinco vistas de arquitectura desde diferentes perspectivas (ISO, 2018).

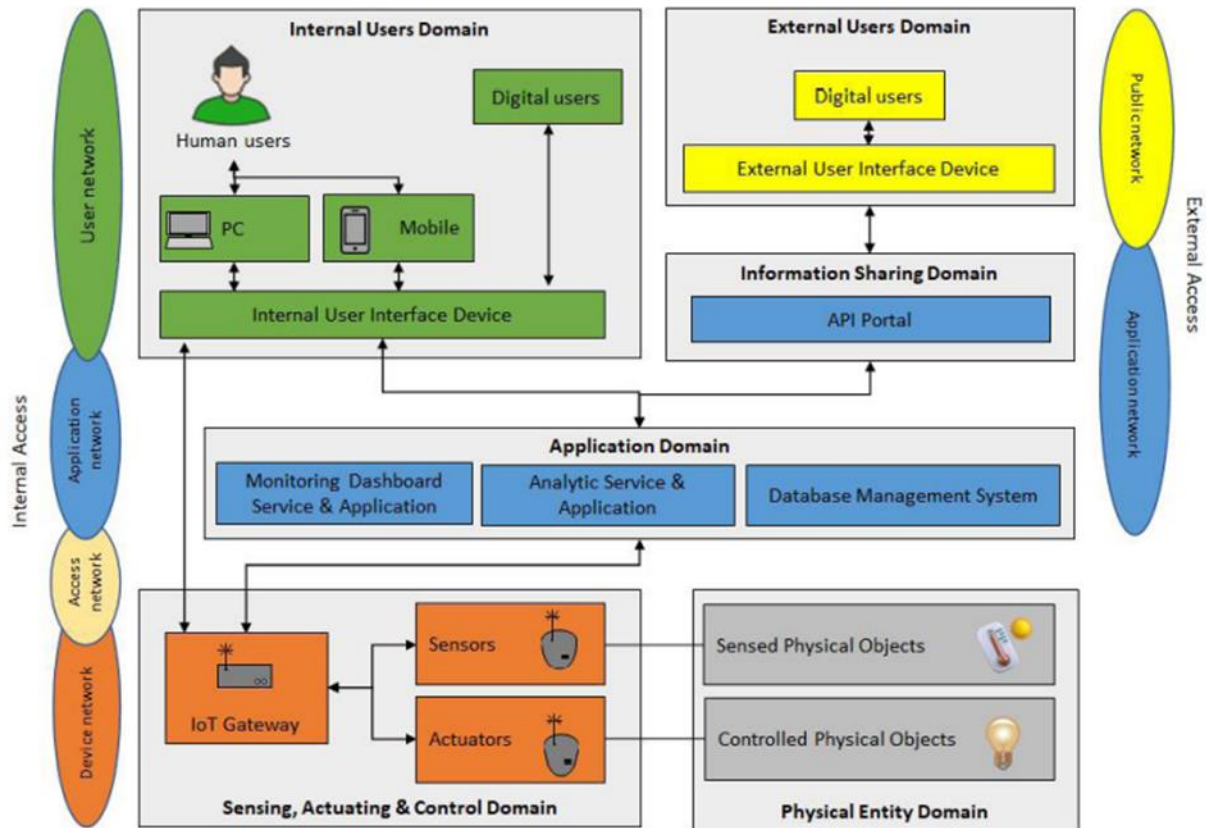


Figura 2 Diseño IoT con base a la ISO/IEC 30141:2018. Fuente: (Sugiharto & Kaburuan, 2023)

Sugiharto & Kaburuan (2023) realizaron un diseño de arquitectura de IoT con base a la ISO/IEC 30141:2018 en la que incluyen entidades físicas, entidades digitales, tableros de monitoreo, usuarios internos y externos.

Las entidades físicas son objetos físicos que realizan las tareas de detección y actuación. Las entidades digitales, denominadas dispositivos IoT, son la representación digital de estos objetos físicos. La puerta de enlace de IoT se utiliza como intermediario entre los dispositivos y las aplicaciones de IoT. La puerta de enlace IoT puede alojar aplicaciones o servicios para realizar ciertas funciones, como el almacenamiento en caché de datos, el preprocesamiento de datos, la gestión de dispositivos y la lógica de control para sensores y actuadores.

El subsistema de tableros de monitoreo realiza las funciones para procesar, administrar y visualizar los datos recopilados. Los usuarios internos son los consumidores de los servicios proporcionados por las aplicaciones, los usuarios externos son los consumidores de los servicios proporcionados por el subsistema de intercambio de información.



La red privada se utiliza para acceder a las demás entidades del sistema, mientras que la red pública se utiliza para compartir información con la comunidad.

### **Tarjetas o placas de desarrollo**

Son dispositivos electrónicos que van a permitir que sensores, actuadores, microcontroladores, módulos, entre otros, trabajen de manera integral. Existen diferentes tipos de tarjetas y cada una de ellas viene compuesta de diferentes conectores o dispositivos, algunas ya tienen incorporado el microcontrolador, fuente de alimentación, módulo Wifi o incluso sensores y/o actuadores.

**Raspberry Pi Pico W:** viene con un módulo totalmente certificado integrado con LAN inalámbrica 802.11n de 2,4 GHz, lo que la convierte en la solución perfecta para aplicaciones y proyectos de IoT que requieren comunicación inalámbrica (Raspberry Pi, 2023).



Figura 3 Raspberry Pi Pico W

**NodeMCU:** es una tarjeta con un microcontrolador ESP8266 que fue diseñado por una compañía china llamada Espressif Systems, viene con Wifi compatible con Arduino lista para usar en cualquier proyecto IoT (Cruz Vázquez, Velasco Pineda, & Ruiz Ruiz, 2021).



Figura 4 NodeMCU

**Arduino MKR NB 1500:** agrega comunicación de banda estrecha a sus proyectos. Puede comunicarse a través de redes NB-IoT y LTE-M, y es excelente para usar en proyectos de bajo consumo en áreas remotas. El MKR NB 1500 también es compatible con Arduino IoT Cloud, lo que facilita el acceso desde cualquier parte del mundo (Arduino, 2023).



Figura 5 Arduino MKR NB 1500

### Microcontroladores (MCU)

Un microcontrolador es un circuito integrado digital que sirve para muchos propósitos ya que es programable lo cual es una ventaja, se compone por una unidad central de procesos CPU, memorias ROM y RAM, cuenta con líneas de entrada y salida (Hoyos, 2018).

**STM32U5:** incorpora características innovadoras y patentadas de ultra bajo consumo que reducen el consumo de energía típico de MCU en un 90 % en aplicaciones en las que los periféricos necesitan adquirir datos con regularidad. El MCU STM32U5 también proporciona funciones de seguridad adicionales para la resistencia a ataques físicos y se basa en la arquitectura probada TrustZone® de Arm que garantiza un aislamiento adicional para los recursos críticos para la seguridad (STMicroelectronics, 2023).



Figura 6 Microcontrolador STM32U5

**ESP8266:** es el nombre de un microcontrolador diseñado por una compañía china llamada Espressif Systems en su sede en Shanghái. Pero su producción en masa inicio hasta principios del año 2014, donde se anunció que este chip sería una excelente solución automática de redes wifi que se ofrece como puente entre los microcontroladores que hasta ahora existen o que tiene la capacidad de ejecutar aplicaciones independientes. (Ceja, Renteria, Ruelas, & Ochoa, 2017, pág. 24).



Figura 7 Microcontrolador ESP8266

**ATMEGA4808:** es un microcontrolador que presenta el procesador AVR® de 8 bits con multiplicador de hardware, que funciona hasta a 20 MHz y con hasta 48 KB de Flash, 6 KB de SRAM y 256 bytes de EEPROM en paquetes de 28 y 32 pines. La serie utiliza los últimos periféricos independientes centrales con características de bajo consumo, incluido un sistema de eventos, analógico inteligente y periféricos avanzados (Microchip, 2023).



Figura 8 Microcontrolador ATMEGA4808

### Actuadores

Los actuadores son todos aquellos dispositivos que, al contrario de los sensores, tienen la capacidad de transformar una magnitud eléctrica en una magnitud física. En un ecosistema IoT son los dispositivos que permiten ejercer acciones sobre un objeto a través del envío de señales o la programación de comandos para su activación (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2021).

**Electroválvula:** también conocida como válvula solenoide, es un elemento cuya función resulta fundamental en circuitos que regulan el flujo de todo tipo de fluidos. Su función básica es la apertura o cierre de válvula.

**Módulo Relé:** Es un dispositivo electromagnético que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2021). En acuaponía se utilizan para controlar el encendido/apagado de equipos.

**Servomotor:** es un actuador de rotación que permite un control preciso en términos de posición y aceleración, para la acuaponía se pueden mencionar los siguientes: Servomotor Tower Pro SG90, Servomotor Tower Pro MG995. En acuaponía se pueden usar los servomotores para subir o bajar compuertas ya sea para que ingrese aire o para el abastecimiento de comida.

### **Red de Sensores**

Una red de sensores es el conjunto de dispositivos integrados en un entorno para cumplir una tarea en común. Las redes de sensores son fundamentales en la implementación de IoT debido a que son los dispositivos encargados de medir el entorno físico y capturar cambios ambientales en tiempo real, además son los responsables de detectar datos críticos tanto de los sistemas funcionales internos como de los factores ambientales externos (Krishnamurthi et al., 2020).

### **Sensores de temperatura**

**DHT22:** es un sensor digital de temperatura y humedad, a diferencia del 18b20 este no sirve para medir la temperatura de líquidos sino más bien para medir el aire, es de bajo costo y además para Arduino IDE.



Figura 9 Sensor de humedad relativa y temperatura DHT22

**DS18B20:** este sensor tiene una característica muy particular que lo hace el más apto para nuestro equipo, es un modelo sumergible y el más conocido dentro del mercado, es un sensor muy versátil, su forma alargada nos permite una buena adaptación en el intercambiador de calor, es un sensor que puede medir la temperatura de líquidos. (Jimeno, 2018, pág. 18).



Figura 10 Sensor digital de temperatura DS18B20

### Sensor de pH

**PH-4502C:** este sensor es un dispositivo que permite medir el pH ya que está integrado con una sonda que es la que toma la lectura mediante el conector BCN, su uso es muy eficiente en cultivos de hidroponía.



Figura 11 Módulo PH-4502C sensor de pH

### Sensor de turbidez de agua

**SEN0189:** permite medir de forma sencilla la calidad de agua midiendo la turbidez del agua. Integra un diodo infrarrojo y un fototransistor posicionados uno frente al otro, que permiten medir la dispersión y transmitancia de la luz y con esto detectar las diferentes partículas suspendidas en el agua o TSS (Total Suspended Solids).



Figura 12 Sensor de turbidez de agua SEN0189

### Sensor de amonio y nitrato

**AN-ISE:** sensor combinado para amonio y nitrato sin cableado ni instalaciones complicadas: simplemente se conectar y medir. La plataforma común de controladores SC permite un uso intuitivo, no sólo para amonio y nitrato, sino también para otros parámetros como el pH, OD (HACH, 2023).





Figura 13 Sensor combinado para amonio y nitrato AN-ISE sc

### Sensor de Nivel de Agua

Los sensores de nivel pueden ser horizontales o verticales y se configuran de acuerdo al requerimiento del proyecto, también conocidos como "interruptor de nivel". Existen diferentes productos que trabajan como sensores o actuadores, combinados con boyas u otros mecanismos.



Figura 1 Diferentes modelos de sensores de nivel de agua

### IDE para IoT

**Arduino IDE:** nos permite escribir, depurar, editar y grabar nuestro programa (llamados “sketches” en el mundo Arduino) de una manera sumamente sencilla, en gran parte a esto se debe el éxito de Arduino, a su accesibilidad (Arduino, 2023).

**PlatformIO IDE:** se tiene un entorno multiplataforma de código abierto que permite desarrollar múltiples proyectos simultáneamente, utilizando lenguajes de alto nivel como C / C++ (Pérez Fernández, Acosta Corzo, Rodríguez Ramos, & Rodríguez Rodríguez, 2022)

### Plataformas IoT

**ThingSpeak:** es una plataforma de servicio de análisis IoT que permite una conexión entre personas y objetos, esta plataforma consta de un almacenamiento de datos y recuperación de los



mismos, usando el protocolo HTTP o vía LAN (Local Area Network) (García Quinde, 2021). Permite enviar los datos de los sensores de forma privada a la nube, para luego exportarlos a otros dispositivos.

**myDevices Cayenne:** se convierte en una opción atractiva, accesible, robusta y fácil de usar en el desarrollo de proyectos novedosos con IoT aplicados a diferentes sectores de importancia económica, provee el soporte necesario para desarrollar aplicaciones robustas de IoT con placas de libre acceso como Arduino, ESP8266 y varias versiones de Raspberry Pi y LoRa (Cruz Vázquez, Velasco Pineda, & Ruiz Ruiz, 2021).

## Conclusiones

Los principales parámetros que se deben medir en acuaponía mediante el uso de sensores son: temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitritos-nitratos, amonio, dióxido de carbono y turbidez del agua. Sin embargo, a nivel país existe dificultad de encontrar sensores para medir oxígeno disuelto, nitritos y nitratos lo que conlleva a buscar proveedores extranjeros.

Las placas de desarrollo, microcontroladores (MCU), sensores, actuadores, IDE y plataformas IoT que se vayan a utilizar deben estar enfocadas en el alcance del proyecto y de la infraestructura del sistema acuapónico. El prototipo o producto IoT no debe ser intrusivo para el desarrollo de las especies (plantas o peces), y a la vez debe mostrar información en tiempo real que se pueda visualizar desde los dispositivos móviles.

La ISO/IEC 30141:2018 proporciona una arquitectura de referencia de IoT estandarizada que utiliza un vocabulario común, diseños reutilizables y las mejores prácticas de la industria. Las placas de desarrollo que se pueden utilizar para la acuaponía son Raspberry Pi Pico W, NodeMCU y Arduino MKR NB 1500, la principal característica que tienen estas tarjetas es que permiten conectarse mediante Wifi, listas para usar en cualquier proyecto IoT.

La electroválvula, módulo relé, servomotor y controlador del nivel de agua son actuadores que se pueden usar en la acuaponía; el sensor DS18B20 permite medir la temperatura del agua, el PH-4502C mide el pH, SEN0189 mide la turbidez, el AN-ISE es un sensor combinado para amonio y nitrato. Las plataformas ThingSpeak y myDevices Cayenne son dos alternativas que pueden utilizar los agricultores y acuicultores para visualizar los datos sin tener mayores conocimientos tecnológicos.

## Referencias

- Arduino. (2023). Arduino.cl. Obtenido de <https://arduino.cl/programacion/>
- Carvajal, E. (2018). Desarrollo de un sistema de monitoreo para acuaponía en hogares basado en IOT.
- Ceja, J., Renteria, R., Ruelas, R., & Ochoa, G. (2017). Módulo ESP8266 y sus aplicaciones en el internet de las cosas. ECORFAN. Obtenido de [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Electrica/vol1num2/ECORFAN\\_Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_El%C3%A9ctrica\\_VI\\_N2.pdf#page=31](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Electrica/vol1num2/ECORFAN_Revista_de_Ingenier%C3%ADa_El%C3%A9ctrica_VI_N2.pdf#page=31)
- Cruz Vázquez, J., Velasco Pineda, M., & Ruiz Ruiz, F. (2021). Monitoreo del voltaje de una placa solar y calidad luminosa usando Internet de las Cosas. *Nova scientia* vol.13 no.26.
- García Quinde, J. S. (2021). “DESARROLLO DE APLICACIONES PARA IOT CON MÓDULOS EMBEBIDOS ESP-12E INTEGRANDO LAS PLATAFORMAS THINGSPEAK Y GOOGLE SITES. 50-51.
- Gimenez, B. y. (2015). Cultivo en hidroponía. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/documento_completo.pdf?sequence=1)
- HACH. (11 de Febrero de 2023). Catálogos y documentos. Obtenido de DOC053.61.35007: [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/87050/ANISE.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87050/ANISE.pdf)
- Hoyos, I. (2018). Microcontroladores , programación, interfaces y puertos de comunicación. México .
- ISO. (Agosto de 2018). Standard. Obtenido de ISO: <https://www.iso.org/standard/65695.html>
- Jimeno, J. M. (2018). Desarrollo de un sistema de monitorización de temperaturas en tiempo real para intercambiador de calor de doble tubo con sondas sumergibles de temperatura DS18B20 usando el microcontrolador Arduino.
- Microchip. (1 de Mayo de 2023). ATmega4808. Obtenido de Microchip Web Site: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATMEGA4808>
- Ortega, G. (2017). Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 145-146.

- Ortiz Monet, M. (2019). Implementación y Evaluación de Plataformas en la Nube para Servicios de IoT. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/127825>
- Pérez Fernández, L., Acosta Corzo, A., Rodríguez Ramos, A., & Rodríguez Rodríguez, L. (2022). Diseño de un sistema domótico basado en plataformas de hardware libre. EAC vol.43 no.2, 47-61.
- Prieto, B. (2017). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. Cuadernos de Contabilidad.
- Pulido, M. (2015). Ceremonial y protocolo: métodos y técnicas de investigación científica. Opción, 1137-1156.
- Raspberry Pi. (20 de Mayo de 2023). Raspberry Pi Pico. Obtenido de <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/>
- Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (15 de Octubre de 2015). Internet Society. Obtenido de [/https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf](https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf)
- STMicroelectronics. (1 de Mayo de 2023). STM32U5 MCU. Obtenido de STMicroelectronics Web site: [https://www.st.com/content/st\\_com/en/campaigns/stm32u5-ultra-low-power-mcus.html](https://www.st.com/content/st_com/en/campaigns/stm32u5-ultra-low-power-mcus.html)
- Sugiharto, F., & Kaburuan, E. (2023). Architecture design of IoT-based system using ISO/IEC 30141:2018 for indoor agriculture. ICIC Express Letters Volume 17, Number 4, 397–408.
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2021). Actuadores. Obtenido de UAEH Web site: [http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas\\_final/OA4/actuadores.html](http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/actuadores.html)

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).