

SISTEMA ACUÍCOLA DE GESTIÓN Y MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA BASADO EN TECNOLOGÍAS IOT E INGENIERÍA DE SOFTWARE

¹Gerardo Mauricio Diaz Cab, 181k0014@itscarrillopuerto.edu.mx/Estudiante

¹Carolina Montalvo Espinoza, C.montalvo@itscarrillopuerto.edu.mx/Docente

RESUMEN

En este trabajo se presenta un sistema para su uso en el área de producción acuícola, el cual está compuesto por una aplicación móvil y un prototipo de control conformado por una tarjeta microcontrolador y los elementos conectados a la misma, dicha aplicación permite monitorear las principales variables de un hábitat acuícola artificial, con la finalidad de controlar los elementos para la recirculación y mantener óptimos los niveles de dichas variables. Para ello se seleccionó la tarjeta de desarrollo Esp-32 para usar en el proyecto, Android Studio con el lenguaje de programación Java para codificar la aplicación móvil, y el servidor web Firebase para la comunicación entre la aplicación móvil y la tarjeta Esp-32. La selección de dicho microcontrolador fue gracias a un análisis sistemático de las Tecnologías de Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) para definir las pertinentes a usar en el proyecto, a partir de una investigación de tipo documental que se incluye en la metodología de desarrollo de software utilizada, dando así relevancia al proceso de investigación dentro del desarrollo tecnológico. De este modo se evidencia el uso del método científico para la construcción de software desde la parte de identificación del problema a resolver hasta la fase de desarrollo, lo cual garantiza el uso de la ingeniería de software y guía la búsqueda por desarrollar tecnología a través del conocimiento sistemático de las herramientas y elementos disponibles, comprendiendo cómo estas se pueden interconectar para conformar un sistema con posibilidad de ser aplicado al entorno de producción acuícola. La metodología utilizada es la tradicional con sus fases de análisis, diseño, desarrollo y pruebas, se logró construir la lógica de funcionamiento apropiada para este proyecto y que puede servir para otros de este tipo en alguna otra área de producción similar.

ABSTRACT

This paper presents a system for use in the area of aquaculture production, which is composed of a mobile application and a control prototype made up of a microcontroller card and the elements connected to it, such application allows monitoring the main variables of an artificial aquaculture habitat, in order to control the elements that make it up and maintain optimum levels of these variables. For this reason, the Esp-32 development card was selected to use in the project, Android Studio with the Java programming language to code the mobile application, and the Firebase web server for communication between the mobile application and the Esp-32 card. The selection of such microcontroller was due to a systematic analysis of the Internet of Things Technologies (IoT) to define the relevant ones to be used in the project, based on a documentary-type investigation that is included in the software development methodology used, thus giving relevance to the research process within the technological development. In this way, the use of the scientific method for the construction of software is evidenced from the identification of the problem to be solved to the development phase, which guarantees the use of software engineering and guides the search to develop technology through the systematic knowledge of the tools and elements available, understanding how these can be interconnected to form a system with the possibility of being applied to the aquaculture production environment. The methodology used is the traditional one with its analysis, design, development and testing phases, it was possible to build the appropriate operating logic for this project and that can be used for others of this type in any other production area.

PALABRAS CLAVE

Monitoreo remoto
Aplicación móvil
Lazo de control
Acuicultura
Variables físicoquímicas.

KEYWORDS

Remote Monitoring
Mobile app control loop
Aquaculture
Physicochemical variables



I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el desarrollo tecnológico avanza de manera desproporcionada en diferentes partes del mundo, teniendo en cuenta el notorio rezago que se percibe en América Latina ya que, como menciona Brambilla et al. (2020) existen niveles altos de desigualdad en esta región, lo cual imposibilita el acceso universal a la tecnología en lugares como el trabajo o las escuelas para una educación de calidad, añadiendo a esta idea a los procesos de producción que se ven rezagados por la falta de aplicación de las tendencias tecnológicas a su uso. Teniendo claro lo importante del avance tecnológico que se puede dar en un proceso de producción alimentaria como lo es la acuicultura, se recalca que esta, es mencionada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2015) en su documento Recursos Marinos Vivos y su Desarrollo Sostenible como una actividad que se desarrolla en diversas partes del mundo aportando alimentos nutritivos a la población y beneficiando en el ámbito social, ecológico y económico, lo cual evidencia el potencial que con ayuda de la tecnología se le puede dar para convertirla en una actividad productiva más sustentable y aumentar sus beneficios con la posibilidad de aportar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible aprobada por la ONU en 2015.

El objetivo del proyecto es el desarrollo de una aplicación móvil y de un sistema acuícola que pueda ser controlado a través de dicha app, con la cual se monitoreen las variables del sistema y se controlen los elementos básicos que lo conforman para conseguir los parámetros óptimos que garanticen la calidad de los productos en el hábitat artificial.

En México la acuicultura representa un sector potencial que actualmente está tomando importancia para cubrir la demanda de alimentos nutritivos y de calidad para las zonas rurales, según el Gobierno de México (2020) se estima que aproximadamente 210,000 pescadores que residen en 179 municipios costeros caracterizados por altos niveles de marginación, representan alrededor del 70% de la población dedicada a la pesca y acuicultura en México. Estos individuos experimentan desafíos significativos en cuanto a la seguridad alimentaria de manera inmediata.

El poco apoyo y disponibilidad de herramientas accesibles a los acuicultores rurales hace que sus granjas se vean en problemas a la hora de generar ganancias para poder subsistir y mantener económicamente a sus familias, los altos costos de

energía eléctrica, los problemas de salud en sus ejemplares, la poca calidad y cantidad por falta de instalaciones o personal pertinente y los altos cobros para registrarse como una granja productora ante la institución correspondiente son algunos de los problemas que llevan a estos granjeros a buscar otra forma de ganarse la vida. Según un artículo publicado por Martín (2020), los altos cobros de CFE en Quintana Roo son la principal causa de que se encuentren en el abandono un promedio de 50 granjas acuícolas en las comunidades rurales del estado. Por otro lado, se reconoce que la calidad del agua refiere a la gama de elementos físicos, químicos y biológicos estrechamente relacionados que engloba el ambiente acuático, la cual desempeña un papel fundamental en la salud de los peces, entre estos factores físico-químicos destaca el pH, la temperatura, la salinidad, la alcalinidad, los gases disueltos y los contaminantes agroindustriales (Macswiney et al, 2015).

En el presente proyecto se consideraron las variables de temperatura, pH y de nivel de agua para el sistema de monitoreo. La temperatura en los acuarios artificiales puede variar según las especies que haya dentro, según la Organización Global Seafood (2018) las especies de aguas frías no pueden sobrevivir en temperaturas superiores a 20 a 25 grados Celsius. En contraste, las especies de aguas cálidas generalmente no se reproducen a temperaturas por debajo de los 20 grados Celsius o no prosperan a temperaturas menores a 10 a 15 grados Celsius, aunque pueden resistir temperaturas considerablemente más bajas durante la temporada invernal. Por otro lado, las especies tropicales perecerán cuando las temperaturas oscilen entre 10 y 20 grados Celsius, y la mayoría de ellas no prosperarán a menos que las temperaturas estén por encima de los 25 grados Celsius, de ahí la importancia de su correcta gestión según los organismos que se estén criando. Según la FAO (2005). El pH es la medida de acidez o alcalinidad del agua en el estanque debido a las sustancias disueltas que contiene, las fluctuaciones extremas en el pH del agua pueden tener graves efectos en la producción de peces, incluso pueden resultar letales. Esto también puede reducir el crecimiento de los organismos que sirven de alimento para los peces. Los niveles críticos de pH varían según la especie de pez, su tamaño y las condiciones ambientales. Por ejemplo, durante la temporada reproductiva, los peces son más sensibles a un pH alto, y los huevos y juveniles son más susceptibles que los adultos. En términos generales, un pH que oscila entre 6,5 y 8,5 (al amanecer) es óptimo para la producción de peces en estanques. Sin embargo, es fundamental mencionar que la mayoría de los peces de cultivo pueden morir en aguas con pH por debajo de 4,5 o igual o superior a 11. Por último, conocer el nivel del agua en el acuario permite saber si es necesario reponer el agua o al momento de realizar los cambios de agua saber si ya está en el punto óptimo de llenado.

Se justifica la realización del proyecto para abordar la brecha literaria que aún existe en el campo de la automatización de áreas productivas en entornos rurales además de que el desarrollo de una herramienta para el control de sistemas acuícolas con tecnologías IoT ayudará a tener una solución menos costosa para los productores rurales de mariscos para consumo humano, beneficiando a los acuicultores a tener un sistema a su alcance que les ayude a disminuir los tiempos de interacción humana con los estanques y aumentando la calidad y cantidad de los productos. De manera particular se justifica la acuicultura como una actividad productiva que se vuelve más sustentable al incorporarle tecnologías que pueden potenciar sus beneficios y que aporta en los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible aprobada por la ONU en 2015. Al mejorar la eficiencia y la calidad en la producción acuícola en granjas rurales, se contribuye en las comunidades a mejorar la disponibilidad de alimentos, lo cual está encaminado a la soberanía alimentaria que es un aspecto fundamental en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y los Programas Nacionales Estratégicos del Gobierno de México.

De este modo, el presente trabajo muestra los resultados que se tienen en el proyecto, el cual, se encuentra en la antelala de su finalización a punto de iniciar con la fase de pruebas, se presenta el proceso de desarrollo de la aplicación móvil y del sistema de control acuícola en conjunto. Se utilizó una metodología de desarrollo de software en cascada con 4 fases: análisis, diseño, desarrollo y pruebas, apegada a los requerimientos de la ingeniería de software y potenciada con una investigación documental que da las bases de conocimiento necesarias para su desarrollo. Después de la metodología se presentan los resultados que se tienen actualmente, la conclusión y las referencias que se utilizaron en la conformación del proyecto.

II. METODOLOGÍA

Para desarrollar este proyecto, fue utilizada la metodología de desarrollo de software en cascada, la cual permite realizar el análisis necesario para sentar las bases iniciales del mismo. Dicha metodología es seleccionada basándose en la Ingeniería de Software, teniendo en cuenta que lo que se pretende es desarrollar una aplicación móvil. Se dividió el proyecto en las fases de análisis, diseño, desarrollo y la realización de pruebas tomando en cuenta los objetivos específicos, los cuales son:

- Investigar las diferentes tecnologías disponibles para el control y monitoreo de las variables involucradas en un sistema acuático artificial a nivel productivo.
- Diseñar el prototipo de control con los elementos seleccionados, el cual incluye el diagrama de circuitos y el diseño en 2D.
- Diseñar la aplicación móvil de control a partir de los requ-

rimientos del sistema a controlar y tomando en cuenta los elementos que lo conforman.

- Ensamble y desarrollo del sistema de control para la pecera con los elementos incluidos en el diseño realizado.
- Desarrollo de la aplicación móvil tomando en cuenta el diseño previamente realizado.
- Instalación del sistema y realización de pruebas.

Las herramientas utilizadas fueron seleccionadas a partir de una investigación en la que se compararon los elementos potenciales para la conformación de un sistema con las características que cumplieran con el objetivo planteado. Se realizó el trabajo en un periodo de septiembre de 2022 a marzo de 2023.

En la primera fase que es la de análisis, se utiliza el método científico para contextualizar el problema y la necesidad de la realización del proyecto, conformando así el objetivo general y los específicos además de los requisitos mínimos viables para iniciar con el proyecto.

Se realizó una investigación de tipo documental de la literatura del arte del proyecto para conocer los trabajos que existen acerca del tema y la manera en que lo abordan y poder conformar los antecedentes poniéndose en contexto de lo que se está haciendo con las tecnologías de internet de las cosas actualmente en el campo de producción acuícola, conformando del mismo modo el marco conceptual con los conceptos importantes y conociendo las herramientas que potencialmente podrían servir en el proyecto que se presentan en la Tabla 1. Se analizaron las funcionalidades básicas para el proyecto y se plantearon los requisitos que se deben cumplir para cubrir las necesidades del mismo.

Tabla 1.

Comparación de las tecnologías de Internet de las Cosas.

Arduino					
Nombre	Procesador	Voltaje Operación	Voltaje Entrada	Pines digitales	Precio
Arduino Uno	ATmega328p	5V	7V-12V	14 (6 PWM)	\$190-\$250MXN
Arduino Nano	ATmega328p	5V	7V-12V	14 (6 PWM)	\$100 MXN
Conectividad					
Nombre	Procesador	Voltaje	Pines	Conectividad	Precio
NodeMCU V3	Esp8266	3.3v	9 pines GPIO con I2C y SPI	Wi-fi	\$120 MXN
ESP-32	Procesador dual core Xtensa LX6 de 32 bits	3v-5v	38 pines	Wi-fi/Bluetooth	\$180 MXN
Hc-05	BlueCore4 BC417143B	5v	6	Bluetooth	\$100 MXN
ESP-01	Esp8266	3.3v	8	Wifi	\$75 MXN
Módulos Relay					
Nombre	Capacidad de Cargas	Precio	N°Relays	Voltaje	Observación
Relay Sólido 1 canal	220V	\$70 MXN	1	3.3v-5v	No tienen partes móviles y componentes mecánicos.
Relay de 4 canales	10A/250VAC, 10A/30VDC	\$80 MXN	4	5v	Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
Relay ESP-01	10A/250VAC, 10A/30VDC	\$130 MXN	1	5v	Tamaño: 45 mm x 28 mm

Nota: Elaboración propia

Una vez teniendo la información de las tecnologías y tomando en cuenta las funcionalidades necesarias, se realizó un análisis sistemático para la selección de las herramientas a utilizar según sus características y se realizaron pruebas de funcionamiento con ellas para familiarizarse con estas y explorar algoritmos de control básicos existentes de manera libre aplicables a cada tarjeta. En concreto se realizaron dichas pruebas de funcionamiento utilizando aplicaciones preprogramadas que solo necesitaban configuración y con ayuda de las tarjetas Arduino se realizó la carga del código a las mismas. Lo anterior sirvió de igual forma para comprobar que las tarjetas Arduino eran completamente funcionales por lo que también se probaron con ello los módulos relay. Se consiguió construir pequeños programas de pruebas y se documentaron con fotos y observaciones.

La fase de diseño se conformó por los diagramas de control y funcionamiento del sistema, realizados según la lógica permitida por las características de los elementos seleccionados, se refiere esta fase a la creación del diagrama de casos de uso (Diagrama 1), diagrama de secuencias (Diagrama 2), diagrama de procesos (Diagrama 3) y diagrama de conexiones (Diagrama 4) conformado por los elementos tecnológicos seleccionados en la etapa anterior y tomando en cuenta las características por las que fueron seleccionadas teniendo como antecedentes las pruebas realizadas en la fase previa, siendo una muy importante la integración y comunicación que tienen entre sí dichos elementos.

Diagrama 1.

Diagrama de casos de uso

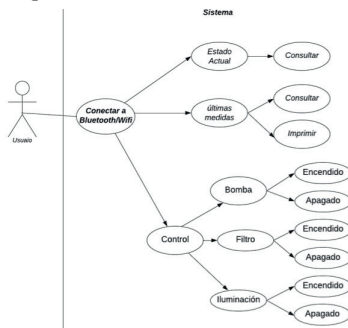


Diagrama 2.

Diagrama de secuencias

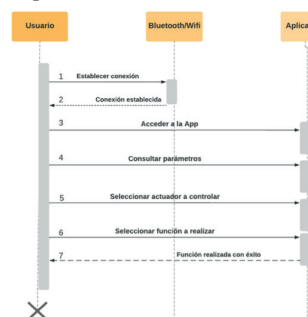


Diagrama 3.

Modelo de procesos

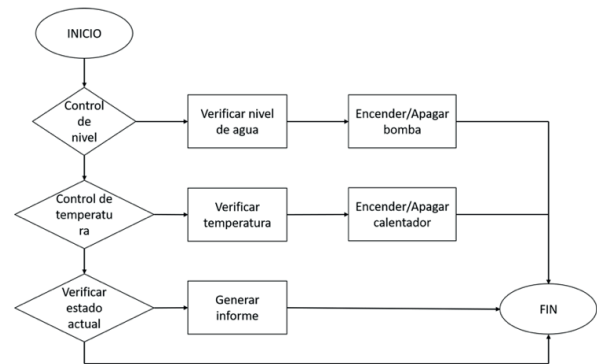
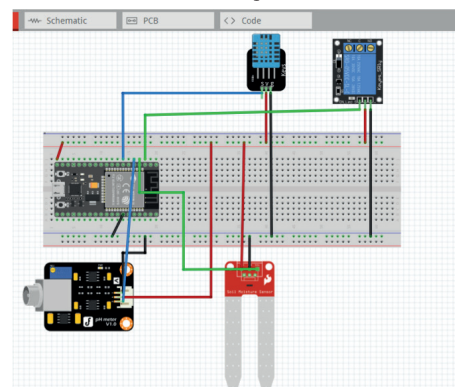


Diagrama 4.

Comunicación sensores con Esp32



Del mismo modo, en esta fase, se realizó la maquetación de la aplicación móvil, representando las pantallas necesarias: pantalla principal (Figura 1), pantalla de medición (Figura 2), Historial de medidas (Figura 3) y panel de control (Figura 4), para referencia en la fase de desarrollo, tomando en cuenta la comunicación que tendría la aplicación móvil con el sistema de control y la información necesaria que se requiere enviar para controlar las tarjetas seleccionadas y el dispositivo final, se destaca que la tarjeta de comunicación seleccionada es la Esp-32 que integra protocolo de comunicación por bluetooth y wifi.

Figura 1.

Pantalla principal

Figura 2.

Pantalla Medición

Figura 3.

Historial medidas

Figura 4.

Panel de control



Lo siguiente que se presenta es la fase de desarrollo en la que se codifica la aplicación móvil, se configura el servidor web y se programa la tarjeta de desarrollo seleccionada. El desarrollo es una de las fases más importantes del proyecto, por lo que se conforma de manera cuidadosa tomando en cuenta las actividades realizadas previamente. Gracias a la investigación realizada y los avances de la fase de diseño se logró construir una lógica de funcionamiento para el sistema, el cual está conformado por el dispositivo de control, la aplicación móvil y el servidor web de Firebase, dicha lógica se presenta en la Figura 5.

Figura 5.
Diagrama de lógica del sistema de control



El dispositivo de control está conformado por los elementos seleccionados, que son la tarjeta microcontrolador Esp-32, un relay de 8 canales para controlar las dos bombas de agua, el filtro del acuario y la iluminación. También se conectaron un Sensor de temperatura (Figura 6), uno de pH (Figura 7) y uno de nivel de agua (Figura 8) para iniciar con el monitoreo de las variables principales.

Figura 6.
Sensor de temperatura DS18B20



Figura 7.
Sensor de PH LM658062736



Figura 8.
Sensor de Agua ARD-365



Se eligió Android Studio con lenguaje de programación java para el desarrollo de la aplicación móvil y se codificaron con Arduino IDE las funcionalidades para su conexión, lectura de datos y control de elementos a través del servidor web.

La última fase de la metodología es la de pruebas, pero aún está en proceso, se instaló el prototipo de control conectado con la aplicación móvil para hacer una primera parte de las pruebas en aspectos funcionales y una pequeña evaluación de los componentes (Figura 9).

Figura 9.
Evaluación de los componentes

Evaluación de componentes:					
¿Considera adecuado:	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
Uso de los colores de la app	☐	☐	☐	☒	☐
¿Funcionamiento de la tarjeta Esp 32?	☐	☐	☐	☒	☐
¿Funcionamiento de los sensores?	☐	☐	☒	☐	☐
¿Funcionamiento del Módulo Relay?	☐	☐	☐	☒	☐
¿Funcionamiento de la bomba de agua?	☐	☐	☐	☐	☒
¿Funcionamiento del filtro de pecera?	☐	☐	☐	☐	☒
¿Funcionamiento las luces?	☐	☐	☐	☐	☒

Aspectos funcionales: como primer punto se puede observar que la tarjeta Esp-32 y los sensores están en buen estado y funcionan perfectamente, también los dispositivos a controlar funcionan y la aplicación se puede conectar al sistema acuícola garantizando así su control total a través de la misma y del servidor web.

III. RESULTADOS O AVANCES

Al momento se tiene un gran avance y resultados buenos que se presentan en este artículo, ya que se han cumplido completamente 5 de los 6 objetivos específicos presentados y se está iniciando el último, en términos metodológicos se tiene 3 de las 4 fases y se está iniciando la fase final.

Se destaca como primer resultado una tabla con las características de los elementos encontrados en la investigación realizada para su análisis, de manera que a cualquier desarrollador interesado en controlar elementos finales en el entorno de la IoT le pudiera servir. También se rescata la investigación de los antecedentes para conocer el estado del arte del proyecto y los conceptos importantes a tener en cuenta para el mismo.

Otro de los resultados son el diagrama de procesos, diagrama de secuencias, diagrama de casos de uso y diagrama de las conexiones de los elementos, además del diagrama de lógica de funcionamiento del proyecto, el cual está realizado a partir del análisis de las investigaciones previas, mismo dia-

grama que pudiera servir a otros desarrolladores para proyectos futuros. Ahora, de acuerdo al estado actual del proyecto, se tiene la aplicación móvil de manera tangible en una versión completamente funcional que cubre con los requisitos del proyecto, esta versión de la aplicación ha sido registrada ante el INDAUTOR para su protección, de la misma forma se tienen los elementos del dispositivo de control ensamblados con la pecera y conectados con el servidor web para su funcionamiento con la aplicación móvil, es decir el sistema en conjunto planteado en el objetivo inicial.

- En la Figura 10 se ve la primera pantalla de la aplicación que es la de bienvenida, en la cual hay 3 botones como opciones a seleccionar dependiendo si se quiere ver el estado actual de los parámetros que se están midiendo, controlar alguno de los actuadores disponibles o visualizar el historial de las medidas guardadas previamente.

- En la Figura 11 se observa la pantalla del estado actual de los parámetros, en esta, se tiene dentro de una tarjeta el nombre de los parámetros y su valor correspondiente a un lado, abajo de dicha tarjeta se tiene un botón, el cual envía dichos parámetros a guardar en una base de datos con su fecha correspondiente. Al final de esta pantalla se muestra una tarjeta que indica si el estado es óptimo o si alguno de los parámetros es inusual.

- En la Figura 12, el panel de control contiene los botones para encender y apagar los elementos con los que se cuenta en la pecera, siendo estas dos bombas las cuales se encuentran encendidas, un filtro y una lámpara de iluminación.

- La Figura 13 contiene el historial de medidas guardadas desde la pantalla de estado actual a la base de datos del servidor web, mostrándose con su respectiva fecha y hora.

Figura 10.

Figura 11.

Pantalla bienvenida Parámetros actuales

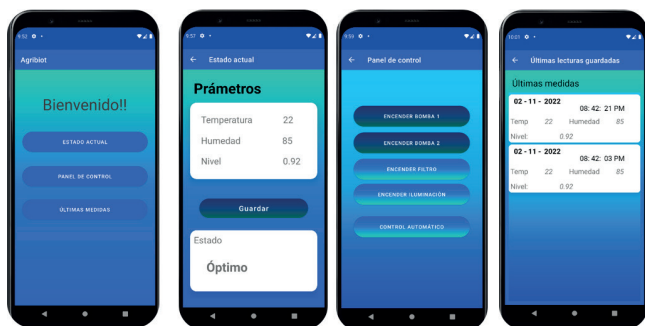


Figura 12.

Figura 13.

Panel de control Historial de medidas

IV. CONCLUSIONES

Finalmente, para concluir con este artículo, se destaca la importancia de integrar la investigación y el método científico como una parte necesaria en la creación de software en combinación con la ingeniería de software para garantizar un buen desarrollo de los proyectos y un sustento fuerte de sí mismos. El proceso realizado aportó a los conocimientos de los involucrados tanto en la parte de investigación, conocimiento metodológico, conocimiento en programación de aplicaciones móviles y de IoT. Haber llegado a la fase final del proyecto permitió mostrar resultados concretos que avalan el uso de las estrategias tomadas como guía y el cumplimiento de los objetivos propuestos al inicio, de los cuales se destaca el cumplimiento de 5 de los 6 propuestos que representan un 84% aun faltando el objetivo final que es el de las pruebas y representa una parte fundamental para medir en qué si se ha cumplido con el objetivo principal, los resultados se mejorarán para concluir de una manera satisfactoria y que pueden servir de referencia a futuros trabajos que tengan como objetivo hacer uso de la tecnología en otra área de producción como la aquí presentada. El proyecto representó una diferencia en cuanto al uso de las tecnologías actuales aplicadas en áreas de producción, ya que los trabajos encontrados no utilizaban las opciones seleccionadas aquí de la misma forma, se analizó que la mejor manera gestionar los datos entre la aplicación y los sensores era con un servicio en la nube de Google por ello el uso de Firebase con todas las ventajas que esto implica y no utilizando una base de datos desde un SGBD conectado al microcontrolador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brambilla, I., Gasparini, L. C., César, A. M. y Falcone, G. (2020). Rezago tecnológico y desigualdad de género en América Latina [ponencia]. 5º Jornada De Investigación En Ciencias Económicas. Argentina. Rezago tecnológico y desigualdad de género en América Latina (unlp.edu.ar)
- Boyd, C. E. (2018). Temperatura del agua en acuicultura. Global Seafood. <https://www.globalseafood.org/advocate/temperatura-del-agua-en-acuicultura/>
- Gobierno de México. (2020, 30 de Diciembre). Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024. DOF - Diario Oficial de la Federación: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609194&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0
- Gobierno de México. (2020). Programa Nacional de Pesca y Acuicultura: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616554/PROGRAMA_Nacional_de_Pesca_y_Acuicultura_2020-2024baja.pdf

- Martín, E. (2020, 19 de enero). “Culpan a la CFE del cierre de granjas acuícolas en Quintana Roo”. La Verdad. <https://laverdadnoticias.com/quintanaroo/Culpan-a-la-CFE-del-cierre-de-granjas-acuicolas-en-Quintana-Roo-20200119-0164.html>
- Macswiney, Y., Marínez, B., Roberto, M. y Santamaria, J. (2015). Divulgación acuícola. https://www.researchgate.net/publication/273732157_La_calidad_del_agua_y_las_buenas_practicas_en_acuicultura
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2015). Recursos marinos vivos y su desarrollo sostenible Perspectivas institucionales y medioambientales: <https://www.fao.org/3/V5321s/V5321S00.htm#TOC>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2005) Mejora de la calidad de agua en los estanques. <https://www.fao.org/3/V5321s/V5321S00.htm#TOC>
- Naciones Unidas, CEPAL. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas, Santiago: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Rojas-Molina, L. Y., Tique-Pinto, V. H. y Bocanegra García, J. J. (2017). Uso De Herramientas Tecnológicas En La Producción Piscícola: Una Revisión Sistemática De Literatura. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo. Vol. 17. Colombia: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6096076.pdf>