



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Modelo de gestión para procesos de producción de camaróneras en el contexto
ecuatoriano mediante IoT**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR: ELDO MIGUEL RAMIREZ ACOSTA

TUTOR: JOE LLERENA IZQUIERDO

Guayaquil – Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eldo Miguel Ramírez Acosta con documento de identificación N° 0929629756 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 16 de diciembre del 2023

Atentamente,



Eldo Miguel Ramírez Acosta

0929629756

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Eldo Miguel Ramírez Acosta con documento de identificación N° 0929629756, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: **“Modelo de gestión para captura de datos en procesos de producción de camarónicas en el contexto ecuatoriano mediante IoT”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 16 de diciembre del 2023

Atentamente,



Eldo Miguel Ramírez Acosta

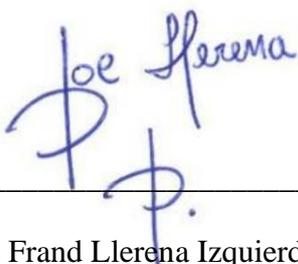
0929629756

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Modelo de gestión para captura de datos en procesos de producción de camarónicas en el contexto ecuatoriano mediante IoT**, realizado por Eldo Miguel Ramírez Acosta con documento de identificación N° 0929629756, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 16 de diciembre del 2023

Atentamente,



Joe Frand Llerena Izquierdo

0914884879

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre ya que sin él no hubiera podido lograr todo esto, a Dios quien me mantiene con vida y salud para poder evolucionar como profesional y a mi hermana quien ha sido incondicional en todo mi proceso universitario. Una dedicatoria especial a mi hijo quien es mi pilar fundamental para seguir esforzándome cada día y cumplir mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional en todo ámbito, agradezco a mi tutor Joe Llerena por la paciencia y dedicación de su tiempo quien me ha ayudado a mejorar este trabajo con sus observaciones.

RESUMEN

La acuicultura es un negocio en aumento por la necesidad de crustáceo o productos del mar, y el camarón es un alimento con mucha demanda; el agua es el requisito básico para el crecimiento del crustáceo por ello la calidad del agua en los estanques o piscinas debe estar en continuo monitoreo. La toma de datos manual y entrega a los laboratorios es una actividad costosa, larga y que consume energía, además el poco monitoreo de las piscinas genera mortalidad de los camarones y gasto de dinero. El objetivo general es diseñar un modelo de gestión para captura de datos de los procesos de producción de camarónicas en Ecuador mediante tecnología IoT. La revisión sistemática de la literatura nos entregó 59 artículos relacionados al tema que responden a las preguntas que investigación; Se diseñó un modelo de gestión basado en tecnología IoT de cuatro capas Sensores-Actuadores, Comunicación, Nube y Aplicaciones; la evaluación nos informa que son 37 artículos viables y el modelo que se propone en este documento también es viable. Se concluye que IoT ayuda de excelente manera en la gestión de datos del entorno acuicultura, la captura sistematizada y la reacción ante indicadores del agua mantiene un control sobre las piscinas e informa para tomar de decisiones más aceptadas.

Palabras claves: IoT, Acuicultura, Camarónicas del Ecuador, Modelo IoT.

ABSTRACT

Aquaculture is a growing business due to the need for crustaceans or seafood, and shrimp is a food with high demand; Water is the basic requirement for crustacean growth, so the quality of water in ponds or pools must be continuously monitored. Manual data collection and delivery to laboratories is an expensive, time-consuming, and energy-consuming activity, and poor monitoring of pools generates shrimp mortality and money expenditure. The general objective is to design a management model for data capture of shrimp production processes in Ecuador using IoT technology. The systematic review of the literature gave us 59 articles related to the topic that answer the questions we investigated; a management model based on four-layer IoT technology was designed: Sensors-Actuators, Communication, Cloud and Applications; the evaluation informs us that there are 37 viable articles and the model proposed in this document is also viable. It is concluded that IoT helps in an excellent way in the data management of the aquaculture environment, the systematized capture and reaction to water indicators maintains control over the pools and informs to make more accepted decisions.

Key words: IoT, Aquaculture, Shrimp farms of Ecuador, IoT Model.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1. Un ámbito de la acuicultura y su contexto	13
2.2. El Internet de las cosas IoT y su alcance.....	13
2.3. El IoT en acuicultura	14
3. METODOLOGÍA	16
4. RESULTADOS.....	18
4.1. Revisar modelos de gestión IoT mediante una revisión sistemática de la literatura.	18
4.2. Diseñar un modelo de gestión basado en tecnología IoT.....	22
4.3. Evaluación del modelo de gestión basado con otros modelos IoT	26
5. DISCUSIÓN	28
6. CONCLUSIÓN.....	29
REFERENCIAS	30
ANEXO.....	36

1. INTRODUCCIÓN

En la producción camaronera, un factor muy relevante es la calidad del agua porque es el medio ambiente donde se crían los camarones, este factor interviene en forma directa en la salud, el crecimiento y en la reproducción del crustáceo, además la calidad del agua es considerada una variable crítica para nuestro medio ambiente y toda actividad alimenticia. Para la industria camaronera es importante obtener un camarón sano que desemboca en una buena cosecha, por esto es relevante realizar el seguimiento de varias variables como amoniaco, pH del agua, temperatura, turbidez, salinidad, oxígeno; el control de las variables evita que el camarón sufra de estrés o enfermedades, y minimizar el desperdicio o rechazo de la producción. Internet de las Cosas (**IoT**) cambia la forma del monitoreo tradicional en piscinas camaroneras, incrementa la eficiencia y disminuye el trabajo-tiempo, los datos recolectados por sensores permiten el control de actuadores y seguimiento desde aplicaciones informáticas web o móviles conectados a internet; además es posible interconectar las piscinas para controlar ciertas variables del agua en la camaronera, o tener un sistema que emita alertas por sobre salto de variables; los datos recolectados se convierten en información para tomar decisiones o activar actuadores o mejorar procesos o atender urgencias sobre la producción del camarón (Capelo et al., 2021)(Viera Vallejo, 2023).

La acuicultura representa alrededor de 47% del consumo a nivel mundial, de acuerdo a las Naciones Unidas cerca del año 2030, el consumo de marisco será 21 kilogramos por persona cada año en relación a 20 kilogramos del año 2016 (Naciones-Unidas, 2023). Además, se afirma que la pesca tiene problemas como la contaminación, alto consumo y los cambios climáticos hacen que la acuicultura sea conveniente para ser primera fuente de alimentación a nivel mundial. Otras investigaciones describen soluciones para seguimiento de piscinas o piscifactorías mediante dispositivos IoT para capturar el estado o ambiente, plataformas de visualización, o verificar el hábitat de los animales marinos y presentar los niveles en dispositivos (Cordova-Rozas et al., 2019)(Cruz Calero, 2022).

La producción de camarón o crustáceos es una parte de acuicultura, en la producción la calidad del crustáceo se da por factores importantes del agua o clima para mantener un crecimiento adecuado y calidad de los crustáceos; se considera que el camarón “no es una amenaza para la biodiversidad” que es cultivada en piscinas desde el año 1970; existen escenarios que influyen en la producción del camarón como los cambios de temperatura del medio ambiente, la alcalinidad del agua y las piscinas al aire libre, que provocan cambios en los parámetros o

variables y son monitoreados por los encargados de la camaronera; aquí interviene IoT en la toma de datos en línea que puede ser en una parte o todo el proceso de la producción de camaroneras, los datos son enviados a la internet y procesados para su visualización mediante aplicaciones web o móviles. IoT ayuda en el monitoreo remoto de los parámetros o variables en la producción de camarón, en caso que las variables estén por debajo o por encima del umbral específico para que los responsables analicen la información o tomen decisiones para mantener la salud del cultivo de camarones (Rawi et al., 2022)(Cruz Calero, 2022).

De acuerdo a Federación Ecuatoriana de Exportadores del Ecuador, las ventas de camarón del año 2022 son 7.289 millones de dólares americanos, y se convirtió en el primer producto de exportación después del petróleo, el aumento del año del 2021 al 2022 es 37% en moneda y 26% en volumen (Fedexpor, 2023).

Es relevante realizar un control del camarón con la ayuda de las TIC, en este caso se propone utilizar Internet de las Cosas para optimizar la obtención de los datos generados en la producción del camarón, esto ayuda hacer un seguimiento de la producción en tiempo real, y mejorar o explotar la calidad que el mercado local e internacional exige (Miñan Parrales, 2022).

El monitoreo sobre el entorno en la producción de camarones es importante para tomar decisiones informadas y lograr mantener camarones saludables; existen datos que IoT puede capturar como: amoníaco del agua, pH del agua, temperatura, turbidez, salinidad, oxígeno, cantidad de alimento en el agua, conteo de camarones, tamaño del camarón, parámetros meteorológicos, todos sirven para monitorear la salud del crustáceo y su productividad; los dispositivos IoT capturan datos bajo el agua que es fangosa y turbia en las piscinas camaroneras, otros dispositivos capturan datos del medio ambiente o clima (Huang et al., 2019)(Zerega-Prado & Llerena-Izquierdo, 2022).

La toma de datos manual y entrega a los laboratorios es una actividad costosa, larga y que consume energía, además el poco monitoreo de las piscinas genera mortalidad de los camarones y gasto de dinero; por esto los dispositivos IoT capturan los datos del ambiente luego los puede procesar y presentar en dashboard, el control eficiente de los parámetros ambientales que impactan sobre la producción de camarón evita exceso de costos y pérdidas, se optimiza el proceso de crianza, los piscicultores pueden realizar mejor gestión del criadero porque los datos se almacenan en forma consistente y son visibles desde aplicaciones web o móvil, se pueden activar alertas en caso de pasar los límites de los parámetros (Rawi et al., 2022)(Alamsyah et al., 2020).

El objetivo general es diseñar un modelo de gestión para captura de datos de los procesos de producción de camarónicas en Ecuador mediante tecnología IoT.

Objetivos específicos: a) Revisar modelos de gestión IoT para conocer el procesamiento de los datos mediante una revisión sistemática de la literatura. b) Diseñar un modelo de gestión para captura-procesamiento de datos obtenidos desde los procesos de producción de camarónicas en el entorno ecuatoriano basado en tecnología IoT. c) Evaluar el modelo de gestión para conocer su viabilidad en dispositivos y seguridad basado en una tabla comparativa con otros modelos IoT.

Por lo general, en las camarónicas usan máquinas manuales o realizan mediciones manualmente para seguimiento del ambiente del camarón; las máquinas y sistemas operan manualmente de acuerdo con la experiencia y no de acuerdo a mecanismos en tiempos real; el seguimiento o control de las piscinas de manera periódica y la automatización es primordial.

En el anexo se presentan fotos de una piscina de camarónica ubicada en la provincia del Guayas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Un ámbito de la acuicultura y su contexto

Dentro de acuicultura, el cultivo de camarones se desarrolla en un “ambiente marino o de agua dulce” que produce camarones que son aptos para el consumo humano; las piscinas de camarones que contienen agua dulce es un acción de acuicultura planteada para cultivar y producir camarones de agua dulce como alimento de la personas, la comercialización de camarón pueden ser locales e internacionales (Sneha & Rakesh, 2019).

La acuicultura genera excelentes alimentos para consumo local y productos de exportación, aunque con los problemas de sobre explotación, los peces y mariscos de la naturaleza se están acabando y la acuicultura aumenta la población de esta clase de alimentos en un ambiente controlado pero con agua son circulación, acumulación de lodo y afectación del clima que influyen en la calidad del agua en que viven los peces y crustáceos; el agua y el medio ambiente son factores importantes en la acuicultura para mantener una alta productividad (Wanee & Samanchuen, 2022).

2.2. El Internet de las cosas IoT y su alcance

Internet es una amplia interconexión de toda clase de computadoras para toda clase de intercambio de datos; IoT conecta distintos actuadores-sensores y captura los aspectos del mundo real para enviarlos a través de las plataformas compatibles, además los actuadores-sensores son accesibles desde cualquier lugar y desde cualquier dispositivo (Chimbolema Yumizaca, 2023). Las actividades de los actuadores-sensores se pueden monitorear a través de la red Internet. Existen negocios o dominios que exigen evaluaciones exactas sobre el entorno o clima u otros aspectos que pueden ser capturados a través de los sensores (Ballal et al., 2022)(Arguello Lino & Coca Hidalgo, 2023).

IoT es un concepto generalizado o conocido por muchas personas, hay muchas áreas o dominios para aplicar o profundizar y que la vida sea más sencilla y segura; gran parte de los dispositivos IoT se conectan a través de LAN o WiFi, es decir los dispositivos se encuentran en ubicaciones fijas o no necesitan moverse para obtener los datos y enviarlos por la red (Ballal et al., 2022)(Mero Martínez, 2023).

Por lo general, un entorno IoT tiene 3 componentes: Dispositivos IoT, Nube y Aplicaciones informáticas. Los Dispositivos IoT es el hardware que detecta y mide el mundo real, toma medidas específicas y otros dispositivos son actuadores (Santacruz Zárate, 2023). La Nube es

el lugar que tiene almacenamiento de los datos capturados, programas de cálculo, programas de análisis, programas de predicción, los datos son heterogéneos y pueden existir distintas bases de datos. Las aplicaciones informáticas son las interfaces para que los usuarios accedan y visualicen los datos procesados que se encuentran en la Nube, además estas aplicaciones informáticas permiten emitir comandos hacia los Dispositivos IoT. Se estima que en el año 2015 existieron 15 mil millones de dispositivos IoT; en el año 2020 existieron 31 mil millones, y para el año 2024 se provee 60 mil millones de Dispositivos IoT (Alqahtani et al., 2022).

2.3. El IoT en acuicultura

El proyecto de (Capelo et al., 2021) Ecuador, mide los parámetros del agua como oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y pH mediante la captura de datos por sensores en piscinas de camarones, además utilizan Raspberry, los datos se almacenan en la nube, y un actuador para activar un motor que ayuda en la rotación del agua, el modelo es eficiente en consumo de energía y recolección de datos para el monitoreo y control del agua (Santacruz Zárate, 2023)(Mero Martínez, 2023).

El proyecto de (Cruz et al., 2022) Ecuador, diseñaron e implementaron un prototipo para monitoreo de parámetros del agua en la cría de camarones, se forma de sensores que capta oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH y turbidez, los datos capturados se guardan en una base de datos localizada en la nube, el monitoreo presenta el estado actual del agua, el histórico e informes, los datos son presentados en un dashboard.

El prototipo de (Isa et al., 2020) Malasia utiliza las fotos tomadas por la red IoT de una camaronera para determinar el tamaño excelente o bueno o malo de los camarones que viven en las piscinas, el tamaño del crustáceo es determinado con ayuda de redes neuronales (Inteligencia Artificial) y tener un porcentaje alto de precisión.

La arquitectura IoT de (Cordova-Rozas et al., 2019) Perú se propone para monitorear la calidad del agua y obtener el nivel de pH, oxígeno disuelto y temperatura en que viven los peces de un acuario, utilizaron sensores para obtener información en línea; los datos son almacenados en la nube y se presentan en un dashboard el historial cada 5 segundos y actuales niveles.

El sistema implementado de (Huang et al., 2019) Taiwan trabaja en un estanque de camarones, se forma por actuadores de inyectores de agua, motores de aguas y alimentación, cámaras submarinas, sensores de calidad del agua, para sirven para seguimiento del camarón; los videos y los datos son almacenados en un servidor en la nube, las imágenes sirven para observación,

detectar objetos, contar los camarones, analizar su tamaño, ver restos de comida; los datos sobre residuos de comida sirven para controlar la máquina alimentadora; además se utiliza redes neuronales (Inteligencia Artificial) para procesamiento de imágenes.

El prototipo de Malasia se implementó en piscinas de camarones para medir la temperatura, pH y turbidez que son capturados por sensores, los microcontroladores envían los datos por la red hacia la nube de internet, los datos son almacenados, procesados y presentados sobre un dashboard de una aplicación móvil (Rawi et al., 2022).

El prototipo de (Sneha & Rakesh, 2019) India guarda el oxígeno disuelto, pH, temperatura, contenido de amonio de piscinas de camarón, estos datos son capturados por sensores, y de acuerdo a los niveles de los parámetros se encienden o apagan los actuadores; los actuadores controlan los aireadores y motores de bombas, además pueden ser activados desde aplicación móvil, esta aplicación móvil presenta los niveles obtenidos por los sensores, los programas y datos están en la nube de internet para seguimiento y control remoto.

En (Wanee & Samanchuen, 2022) Tailandia se aplica IoT para medir la calidad del agua en línea, se mide la temperatura, pH y oxígeno disuelto, los sensores están conectados a un microcontrolador que toma las señales y las envía a un computador central en la nube; en caso que los datos sobre la calidad del agua este fuera de los rangos entonces se envía los mensajes de alerta a las personas encargadas; los datos se presentan en un dashboard, este sistema puede trabajar con camarones, lubina y tilapia, y los rangos se ajustan de acuerdo al animal acuático.

El sistema de (Thai-Nghe et al., 2020) Vietnam contiene sensores para capturar la demanda química de oxígeno, el oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y pH de estanque de peces, los datos capturados se envían hacia una base de datos en la nube; en este sistema se visualizan los indicadores en dashboard en cualquier clase de computador, además en caso que los valores capturados estén por encima o por debajo de los umbrales entonces el sistema emite los mensaje de alerta; el valor agregado de este sistema es el pronóstico de los indicadores para generar alertas tempranas a los responsables.

3. METODOLOGÍA

El primer objetivo. Revisar modelos de gestión IoT para conocer el procesamiento de los datos mediante una revisión sistemática de la literatura: Se utiliza el enfoque cualitativo para analizar los procesos en las arquitecturas IoT y hallar las características que tienen los modelos, la herramienta que se utiliza es la encuesta de artículos científicos; se utiliza la investigación exploratoria para revisión detallada de los artículos científicos sobre IoT en tratamiento de camarones o peces y analizar estudios de casos; se utiliza la técnica observación en las arquitecturas IoT halladas en la revisión sistemática y la observación en las características físicas de las piscinas en la camaronera y anotar las dimensiones. Se utiliza la Revisión de la Literatura y los detalles sobre muestra, instrumentos, procedimientos de recolección y análisis de datos se especifican en la referencia (Alvarado-Salazar & Llerena-Izquierdo, 2022) que da solidez a la metodología y está formada de cuatro fases (Sanchez-Romero & Llerena-Izquierdo, 2023), ver figura 1.

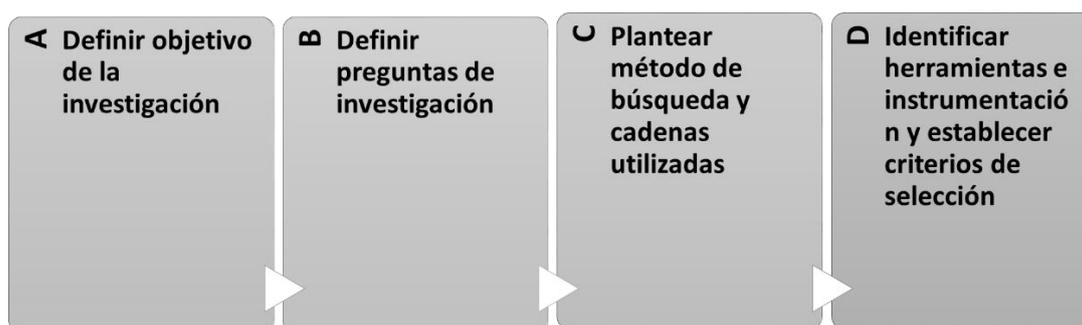


Figura 1. Proceso de revisión de la literatura.

A continuación, se presentan las preguntas y criterio de selección.

Preguntas de investigación:

- ¿Qué tipos de animales marinos cubren los modelos de gestión IoT?
- ¿Qué datos capturan y procesan los modelos de gestión IoT?
- ¿Qué componentes contienen los modelos de gestión IoT?
- ¿Cuáles son las propuestas en los artículos científicos?
- ¿Cuáles son las soluciones de los modelos presentados en los artículos científicos?

Criterios de selección

Tabla 1. Criterios de selección

Inclusión	Exclusión
Artículos desde enero del año 2019	Artículos anterior menores e iguales al 2018
Artículos sobre modelos IoT en gestión de datos de camarones o peces	Artículos ajenos a IoT en gestión de crustáceos o peces
Artículos en inglés o español	Documentos resúmenes o libros
Artículos libres o sin pago	Artículos por pagar

Mediante la técnica observación, los datos cualitativos se tabulan en una hoja de cálculo y de cada artículo se extrae los siguientes datos: Año de Publicación, Título del Artículo, Revista, Ecuador, Grupo Datos Obtenidos [Temperatura, Oxígeno, Salinidad, Amoniaco, pH, Turbidez, Humedad, Crecimiento, Nivel del Agua, Alimentos], grupo Componentes de los Modelos [Sensores, Actuadores, Cámaras, Controladores, Red, Nube, Seguridad, Dashboard], grupo Cretáceo [Camarón, Pescado, Otros], grupo Propuestas [Modelo, Arquitectura, Sistema, Flujo de Datos], grupo Solución [Prototipo, Implementado, Pruebas, Simulación].

Estos datos tabulados responden las preguntas de investigación.

2do objetivo. Diseñar un modelo de gestión para captura-procesamiento de datos obtenidos desde los procesos de producción de camarónicas en el entorno ecuatoriano basado en tecnología IoT: Se utiliza la investigación empírico-analítico que analiza la factibilidad de una solución como un modelo de gestión través de evidencias empíricas. Se utiliza la investigación cuasi-experimental que analiza un grupo determinado de artículos científicos sobre tecnología IoT aplicada al cuidado de camarón o peces, el resultado del modelo IoT que se propone puede servir para la investigación aplicada, es decir para futura implementación. Se utiliza la técnica descripción para explicar en forma detallada el modelo de gestión IoT que se propone en esta nueva investigación.

3er objetivo. Evaluar el modelo de gestión para conocer su viabilidad en dispositivos y seguridad basado en una tabla comparativa con otros modelos IoT: Se utiliza el enfoque cuantitativo que utiliza la herramienta Observación cuantitativa para analizar en forma numérica las características de los modelos de gestión y su posible aplicación de los dispositivos y seguridad por medio de la tabla comparativa, este enfoque analiza los resultados a través de técnicas estadísticas y que estos resultados sean sencillos de resumir, comparar y generalizar en el modelo de gestión.

4. RESULTADOS

4.1. Revisar modelos de gestión IoT mediante una revisión sistemática de la literatura.

En la revisión de la literatura se utiliza el método PRISMA para seleccionar y filtrar los artículos, los 120 documentos son la biblioteca IEEE, se encontraron 7 duplicados, 17 no elegibles y 11 por no apegarse al tema porque son IoT en pesceras de casa. Se examina el resumen de 85 documentos y se excluyeron 13 documentos por ser revisiones de literatura. Se procedió a recuperar los 72 documentos completos y 11 no fue posible bajarlos de la biblioteca por pedir otro usuario. Los 61 documentos que fueron recuperados o bajados desde la biblioteca, se excluyó un documento por pago y otro ser idioma español. Luego quedaron 59 artículos para realizar la extracción de datos, ver figura 2.

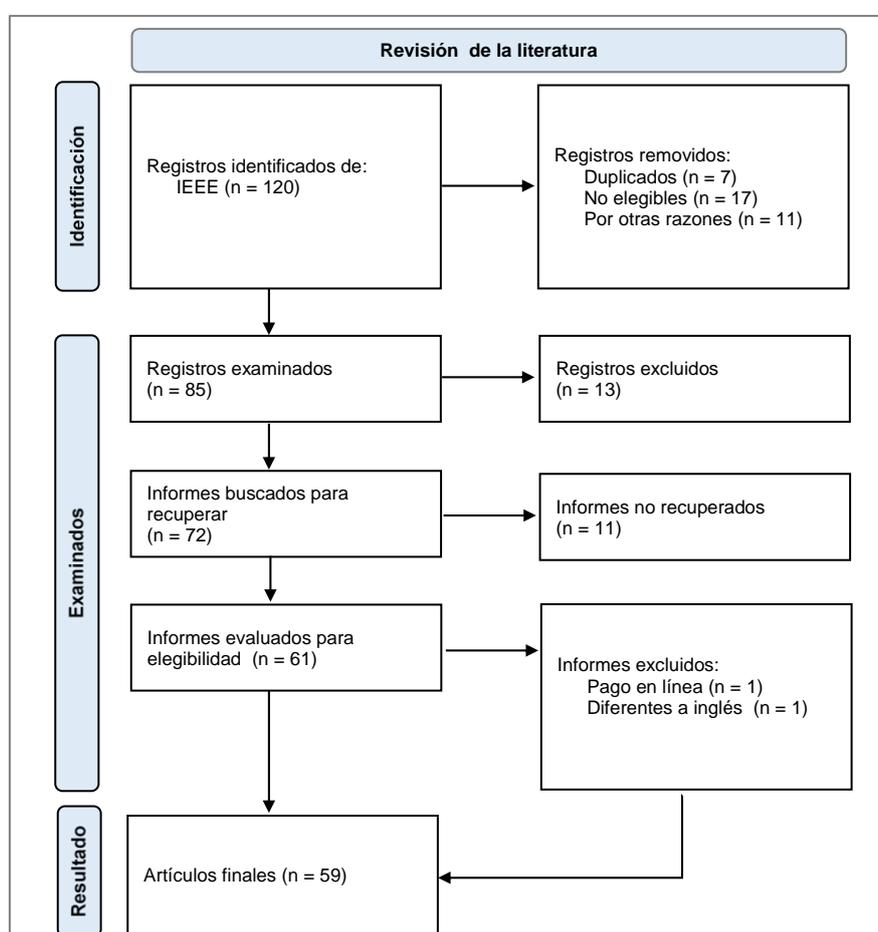


Figura 2. Modelo de flujo PRISMA.

Los 59 artículos seleccionados se nombran en la tabla 2, están agrupados por año de producción, todos son documentos desde año 2019 al 2022.

Tabla 2. Documentos seleccionados

Artículos seleccionados	Cantidad
(Sneha & Rakesh, 2019), (Huang et al., 2019), (Cordova-Rozas et al., 2019), (T. Abinaya & Ishwarya, 2019), (Ahmed et al., 2019), (Rohit et al., 2019), (Yu, 2019), (M. Abinaya. et al., 2019), (Kadar et al., 2019), (Kadar et al., 2019), (Billah et al., 2019)	11
(Isa et al., 2020), (Thai-Nghe et al., 2020), (Zaini, 2020), (Kumar & Aravindh, 2020), (J. H. Wang et al., 2020), (Goud et al., 2020), (Sai et al., 2020), (Hsieh et al., 2020)	8
(Capelo et al., 2021), (Shu & Wen, 2021), (Samha et al., 2021), (Murdan & Joyram, 2021), (Monge-Quevedo et al., 2021), (John & Mahalingam P., 2021), (Tsai et al., 2021), (Cheng et al., 2021), (Capelo et al., 2021), (Kuntagod et al., 2021), (Tendolkar et al., 2021), (Wu et al., 2021), (Mahmuda et al., 2021), (Adiono et al., 2021), (Razzaq et al., 2021), (Murdan & Joyram, 2021), (Yamabe et al., 2021), (Fauzan 'Adziimaa & Arta, 2021), (Duangwongsa et al., 2021), (Harun et al., 2021),	20
(Cruz et al., 2022), (Rawi et al., 2022), (Wanee & Samanchuen, 2022), (Uddin et al., 2022), (Adriman et al., 2022), (Martin et al., 2022), (Kodali & Sabu, 2022), (Papanikolaou et al., 2022), (Arun et al., 2022), (Debdas et al., 2022), (Bakhit et al., 2022), (X. Wang et al., 2022), (Pattana-Anake et al., 2022), (Goswami et al., 2022), (Rohan et al., 2022), (Hawari & Hazwan, 2022), (Priyanka et al., 2022), (Athina et al., 2022), (Nguyen et al., 2022), (Kamruzzaman et al., 2022)	20
Total artículos	59

Fuente: Realizado por autor.

Los 59 artículos son analizados y verificados sobre una hoja de Excel, cada artículo se extrae los siguientes datos: Año de Publicación, Título del Artículo, Revista, Ecuador, Grupo Datos Obtenidos [Temperatura, Oxígeno, Salinidad, Amoniaco, pH, Turbidez, Humedad, Crecimiento, Nivel del Agua, Alimentos], grupo Componentes de los Modelos [Sensores, Actuadores, Cámaras, Controladores, Red, Nube, Dashboard], grupo Cretáceo [Camarón, Pescado, Otros], grupo Propuestas [Modelo, Arquitectura, Sistema, Flujo de Datos], grupo Solución [Prototipo, Implementado, Pruebas, Simulación].

Todos los datos tabulados en la hoja de Excel sirven para responder las cinco preguntas de investigación realizadas en la fase de metodología, y que se describen a continuación:

4.1.1 ¿Qué tipos de animales marinos cubren los modelos de gestión IoT?

Entre los modelos observados, el 47% de los 59 artículos cubre el camarón, el 81% de los 59 artículos cubre el pescado y el 32% de los 59 artículos cubre a otra clase de animal marino; aunque en esta investigación se desea cubrir al camarón, la mayoría de los artículos se enfoca en los peces, ver figura 3.

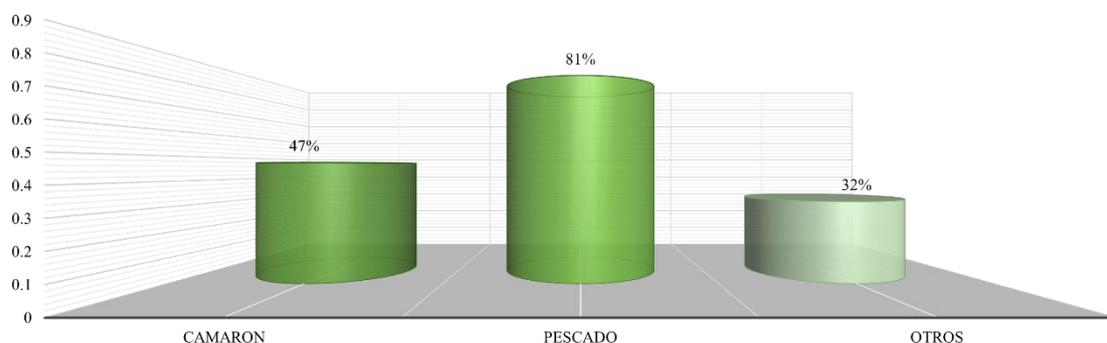


Figura 3. Animales cubiertos en las investigaciones.

4.1.2 ¿Qué datos capturan y procesan los modelos de gestión IoT?

Entre los 59 artículos, los modelos de gestión basados en IoT capturan variedad de datos desde el medio ambiente en que vive el crustáceo; el 81% captura la temperatura de las piscinas o lagos; el 59% captura la cantidad de oxígeno; el 20% captura la salinidad del agua, el 10% captura la cantidad de amoníaco; el 78% captura el pH del agua; el 32% captura la turbidez; el 17% captura la humedad; el 8% captura el crecimiento del crustáceo; el 20% captura el nivel del agua de la piscina o tanque; el 8% suministra la cantidad de comida que necesita el crustáceo, ver figura 4.

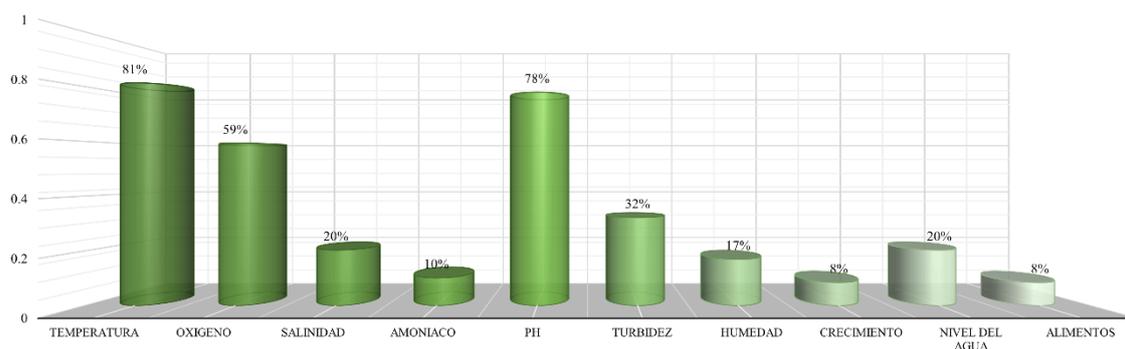


Figura 4. Datos capturados.

4.1.3 ¿Qué componentes contienen los modelos de gestión IoT?

Algunos componentes encontrados en los modelos de los 59 artículos son: sensores en 93%, actuadores en 41%, cámaras en 17%, controladores en 85%, red en 44%, nube en 83%, seguridad en 56%, dashboard en 78%. Fácilmente se observa que los mayores componentes son los sensores y controladores, ver figura 5.

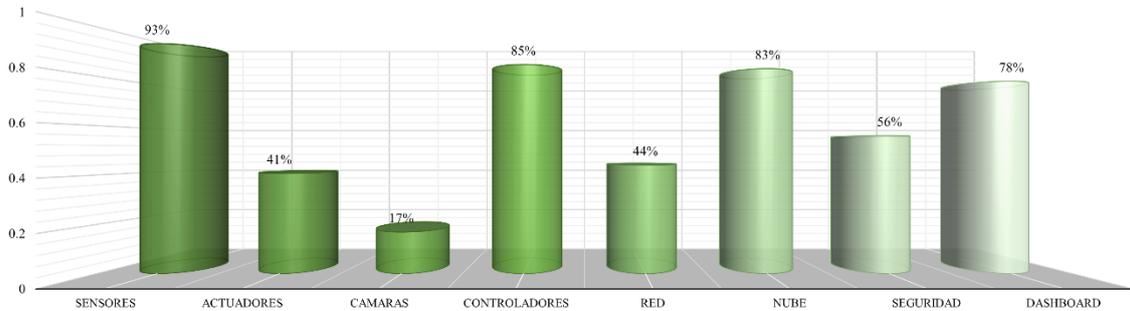


Figura 5. Componentes de los modelos.

4.1.4 ¿Cuáles son las propuestas en los artículos científicos?

En los 59 artículos se hallaron diferentes propuestas nombradas textualmente como modelo, arquitectura, sistema y flujo de datos en 34%, 27%, 37% y 53% respectivamente; la mayoría de los artículos presenta el traspaso de los datos en las propuestas en 53%, ver figura 6.

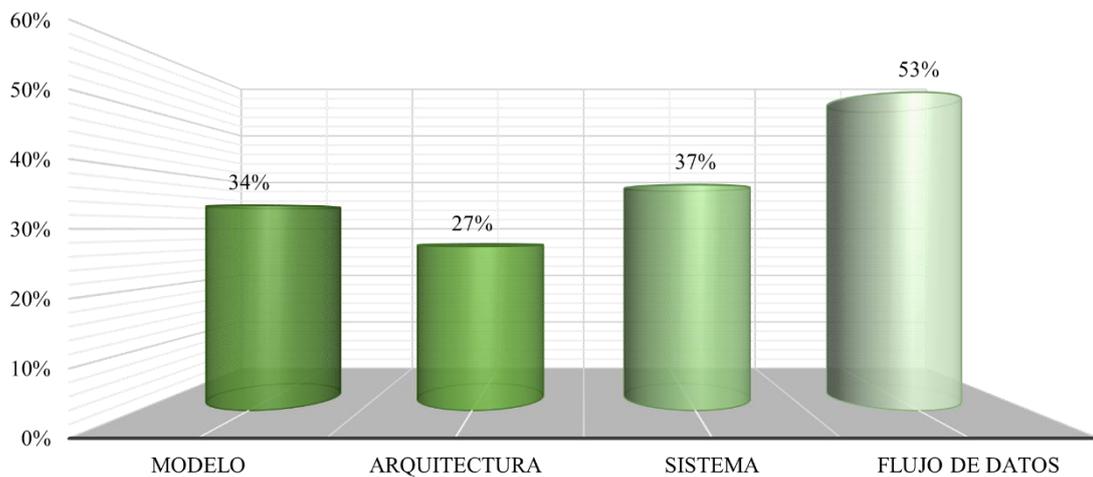


Figura 6. Propuestas.

4.1.5 ¿Cuáles son las soluciones de los modelos presentados en los artículos científicos?

En los 59 artículos se observó que los modelos muestran las soluciones en diseños o desarrollos; el 56% realizó prototipos, el 22% si implementó la solución, el 61% si realizó pruebas del prototipo o modelo, el 24% sólo realizó una simulación teórica de la solución, ver figura 7.

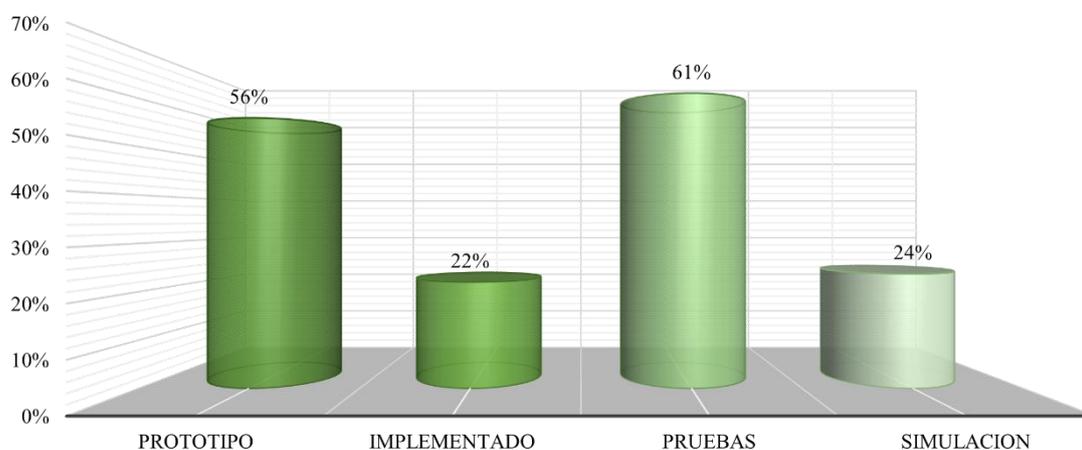


Figura 7. Soluciones.

Entre los 59 artículos: 59 son de la biblioteca IEEE, 4 artículos pertenecen a Ecuador, 13 artículos utilizaron la tecnología Inteligencia Artificial, 1 artículo utilizó la tecnología Blockchain.

4.2. Diseñar un modelo de gestión basado en tecnología IoT.

El modelo de gestión contiene sensores para medir parámetros; los sensores obtienen los datos y el microcontrolador Arduino los obtiene desde los sensores, los Raspberry PI envían los datos a la nube a través de la red; en caso de que los datos bajan o superan los límites de los parámetros entonces se debe activar una acción correspondiente. Si el valor de la temperatura supera el nivel superior entonces se debe encender un motor del agua fría para reducir la temperatura de la piscina. Si el valor de pH supera el nivel superior entonces significa que existen algas en el agua y el sistema envía mensajes de alerta. Si el nivel del agua es menor que el parámetro mínimo entonces se debe encender el motor de entrada de agua para aumentar hasta llegar al nivel normal y apagar el motor. Si el nivel de agua es mayor que el parámetro máximo entonces el motor de salida de agua se debe encender hasta llegar al nivel normal y apagar el motor. El modelo de gestión se propone en cuatro niveles: Sensores-Activadores, Comunicación, Nube y Aplicaciones; a continuación, se describe el detalle de cada nivel, ver figura 8.

La tabla 3 presenta los parámetros de acuerdo con el clima de la costa en Ecuador, que el modelo debe considerar en su acción a ejecutar.

Tabla 3. Valores de parámetros

Indicadores	Mínimo	Máximo	Unidad de medida
Temperatura	20 cc	30 cc	Grados centígrados
Oxígeno disuelto	5 mg/L	10 mg/L	Miligramos por litro
Salinidad	15 ppm	25 ppm	Partes por millón
pH	6.5	8.5	Unidades
Humedad	45	65	Porcentaje
Turbidez	0 cm	30 cm	Centímetros
Cantidad de alimentos	40	100	Porcentaje
Nivel de agua	De acuerdo con piscina	De acuerdo con piscina	Centímetros

Fuente: Realizado por autor.

Nivel Sensores-Actuadores: Los factores críticos que se miden son: humedad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, salinidad, turbidez, nivel de agua y cantidad de alimentos; el sistema guarda los parámetros mínimos y máximos de cada factor, según los parámetros de la piscina entonces los actuadores de alimentación y bomba de agua y aireadores se encienden-apagan; se controla el oxígeno disuelto al momento de operar los aireadores. El amoníaco existe en el agua por el posible exceso de alimento, el amoníaco eleva el nivel de pH en el agua; el pH se nivela con adición de solución alcalina al agua. De acuerdo con el nivel de agua en la piscina es posible encender la bomba de agua desde cualquier ubicación porque el modelo está conectado a Internet. En este nivel los sensores recogen datos de la piscina; se utilizan los sensores: sensor de humedad, sensor de oxígeno disuelto, sensor de pH, sensor de temperatura, sensor de salinidad, sensor de turbidez, sensor de nivel de agua y sensor de cantidad de alimentos. Los actuadores utilizan un microcontrolador Arduino que se conecta a una computadora Raspberry PI, esta envía los datos por medio de la red al Internet, además los datos de la piscina se registran en una tarjeta; en caso de que los valores de los sensores salgan de límites de los parámetros entonces los actuadores se encienden-apagan por la computadora Raspberry PI.

Nivel Comunicación: En este nivel existe microcontroladores, Raspberry-PI, Gateway, switch, router y antena de internet. Como microcontrolador se utiliza Arduino que contiene un chip microcontrolador y es popular; este tipo de dispositivo tiene memoria flash, memoria ram, temporizador de vigilancia, contadores, puerto serial, es de bajo voltaje, consume poca energía,

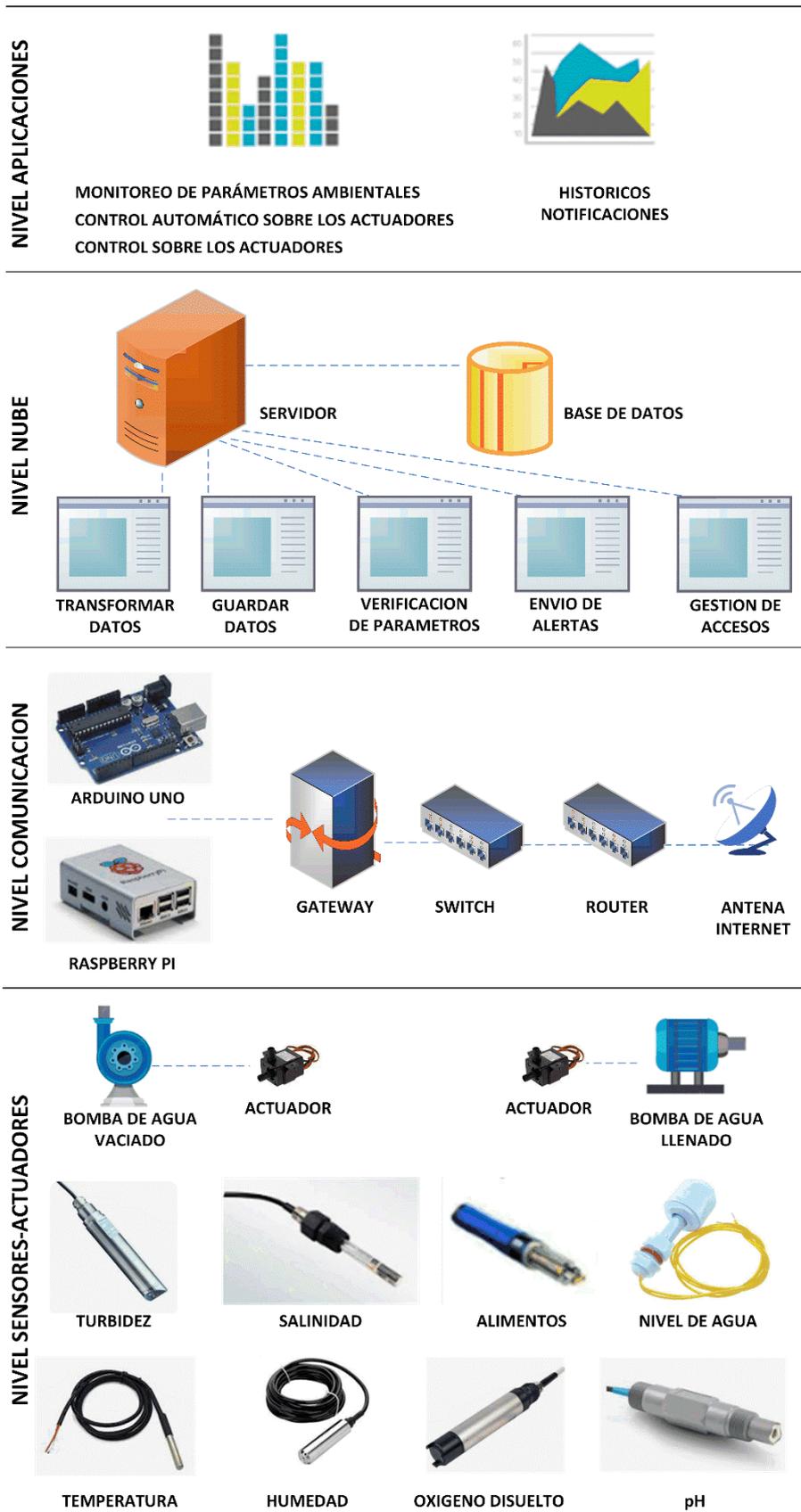


Figura 8. Modelo de gestión IoT.

buen rendimiento, aceptable velocidad de procesamiento y bajo costo en dinero. El Raspberry Pi es una pequeña computadora, con capacidad de programar en Scratch y Python; se recomienda el modelo PI 3 por ser más económica que la última versión 4; tiene 1 GB de memoria RAM, 4 puertos USB, salida de video, conexión a red Ethernet. El Gateway es un elemento clave de la red, se utiliza para interconectar en forma remota a los sensores-actuadores con el servidor que está ubicado en la nube; el Gateway se responsabiliza de regular el flujo de datos y la comunicación entre los componentes del modelo IoT ubicados en diferentes niveles; el Gateway debe permitir el uso de variados protocolos de comunicación y la conversión de los paquetes de datos enviados-recibidos y que son sus principales actividades; de acuerdo a la marca y versión es capaz de realizar cálculos y procesamiento de datos.

Se aclara que el switch, router y antena de internet son componentes existentes en toda empresa que tiene conexión a internet, además son componentes generales de toda red, no es necesario especificar o explicar estos tres componentes.

Para la seguridad y comunicación se recomienda utilizar el protocolo MQTT sobre TCP/IP que es un protocolo serial y se responsabiliza del envío de datos entre el gateway y el servidor que está ubicado en la nube; el Gateway envía todo dato obtenido de los sensores hacia el servidor, y el programa que verifica los parámetros y envía los comandos de control a actuadores que pasan por medio del Gateway; MQTT es de poca complejidad y bajo consumo de energía.

Nivel Nube: En este nivel está un servidor para almacenamiento de base de datos, un programa de toma de datos que transforma y verifica los tipos de datos no estructurados en datos estructurados para la base de datos; un programa que almacena los datos en la base de datos de acuerdo con la distribución de las tablas; un programa de verificación de parámetros que envía las alertas de acuerdo al rango; un programa de gestión de los parámetros; un programa de gestión de usuarios y permisos.

Nivel Aplicación: El teléfono celular o inteligente se utiliza para la interfaz de usuario que tiene conexión a internet; se utiliza la aplicación de código abierto Telegram que tiene un control global sobre los actuadores; la aplicación recibe mensajes de texto por anomalía de las piscinas mediante la aplicación twilio; las interfaces propuestas son a) Monitoreo de parámetros ambientales: que presenta de forma permanente los datos actuales y puede identificar las anomalías; se monitorea los parámetros críticos; existe la continua medición de los parámetros ambientales y su almacenamiento de acuerdo a los valores del sensor, los valores de los parámetros se almacenan en la tarjeta para futuras comparaciones con datos anteriores que

ayuden a mejorar la producción. b) Control automático sobre los actuadores: que se encienden de acuerdo con las anomalías en las piscinas de camarón; la anomalía es la desviación de los valores entre los parámetros de humedad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, salinidad, turbidez, nivel de agua. c) Control sobre los actuadores a través de IoT: El modelo puede controlar las piscinas desde cualquier parte a través de Internet; esto se realiza mediante los actuadores que se pueden intervenir a través de Internet. d) Históricos de indicadores: todos los niveles del medio ambiente pueden ser visualizados entre fechas. e) Notificaciones: para envío de las alertas a través de mensajes de texto SMS que indica la anomalía del parámetro ambiental; esta notificación se realiza mediante la aplicación twilio.

Software recomendado:

El software Arduino es una plataforma de código libre y se utiliza para la programación del microcontrolador, además es compatible con el depurador de hardware, se basa en lenguaje C y el código se guarda en el microcontrolador. Python es un lenguaje de programación en alto nivel, es popular, propósito general, acepta programación a objetos, funciones o procedimientos, se puede ejecutar en varios sistemas operativos; se utiliza para obtener los datos de los microcontroladores y enviarlos al Gateway en lote y cada 10 minutos. Telegram es una aplicación de red social y código abierto, el modelo utiliza para la aplicación móvil Telegram en el monitoreo y control de las piscinas. Mensajes de texto por anomalías se utiliza la aplicación twilio.

4.3. Evaluación del modelo de gestión basado con otros modelos IoT

Los 59 artículos fueron extraídos los datos en una hoja de cálculo Microsoft Excel para formar una tabla comparativa, tabular y verificar que artículos son viables; por cada dato que el artículo cumple se le asigna una nota de un punto representada por la “x”; son 29 datos por cada artículo que se suman en la columna final, la suma mínima es 7 y la suma máxima es 19; el promedio general de la suma es 13 puntos; se determina que cada artículo es “Viable” si la suma del puntaje es superior a los 13 puntos; resultan 37 artículos que son viables en comparación con nuestro “Modelo de gestión basado en tecnología IoT” que se propone; nuestro modelo teórico tiene 19 puntos sobre 29, y es considerado “Viable”. Ver figura 9.

5. DISCUSIÓN

La revisión sistemática de la literatura nos dio como resultado 59 artículos, entre estos, 37 artículos son considerados viables con una puntuación superior a 13 sobre 29 puntos; nuestro “Modelo de gestión basado en tecnología IoT” que es un modelo teórico tiene 19 sobre 29 puntos, y es considerado “Viable”.

Los parámetros del agua que se miden en este proyecto son humedad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, salinidad, turbidez, nivel de agua y cantidad de alimentos; en caso de implementación se debe considerar la calibración de los sensores aumentar la precisión y disminuir la medición no confiable, para que los datos obtenidos sean más confiables y sensibles a las fluctuaciones del agua en la piscina.

En este artículo no se propone el análisis del crecimiento del crustáceo porque para ello se necesita utilizar cámaras y redes neuronales (inteligencia artificial-CNN) para identificar los camarones en tiempo real y su tendencia en crecimiento; esto significaría más tiempo para el diseño y más costos en su implementación.

Existen otras plataformas útiles que gestionan IoT como Blink (Rawi et al., 2022), (Fauzan 'Adziimaa & Arta, 2021) o Amazon Web Service IoT (Kodali & Sabu, 2022), pero son herramientas de pago. Otros trabajos relacionados utilizan algoritmos de Inteligencia Artificial para determinar los parámetros y su tendencia como (Papanikolaou et al., 2022).

El modelo IoT que se propone puede ser mejorado u optimizado con la adición de redes neuronales o aprendizaje automático (Inteligencia Artificial) para estimar el crecimiento de los camarones, predicción de comportamiento del camarón, predicción de niveles, entre otros.

6. CONCLUSIÓN

Este artículo propone un modelo basado en IoT para medir y controlar la calidad del agua en piscinas de camarónicas que es parte de la acuicultura; es transcendental tener una buena calidad de agua en las piscinas para obtener un buen rendimiento de camarones; si la calidad del agua no es la adecuada entonces los camarones no crecen, no se reproducen y pueden morir.

El modelo es general y ajustable a cualquier piscina camaronera en Ecuador, es posible utilizar pocos o todos los sensores, y es escalable; este modelo mide los niveles de humedad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, salinidad, turbidez, nivel de agua y cantidad de alimentos para informar y actuar para volver a los parámetros normales; se utiliza interfaces para presentar la información y mensajes de texto para alertar a los responsables.

Los usuarios de producción pueden realizar seguimiento de los parámetros de calidad del agua en línea; el modelo puede mejorar la productividad laboral, aumentar el rendimiento de la producción, y mantener un buen nivel de producción con buena calidad de camarón que apuntan a mejorar los beneficios económicos de la empresa.

REFERENCIAS

- Abinaya., M., Survenya., S., Shalini., R., Sharmila, P., & Baskaran, J. (2019). Design And Implementation Of Aquaculture Monitoring And Controlling System. *2019 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC)*, 232–235. <https://doi.org/10.1109/ICCPEIC45300.2019.9082359>
- Abinaya, T., & Ishwarya, J. (2019). *A Novel Methodology for Monitoring and Controlling of Water Quality in Aquaculture using Internet of Things (IoT)*. 23–26. <https://doi.org/10.1109/ICCCI.2019.8821988>
- Adiono, T., Toha, A. M., Pamungkas, S., Sutisna, N., & Sumiarsih, E. (2021). Internet of Things for Marine Aquaculture. *2021 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ISESD53023.2021.9501663>
- Adriman, R., Fitria, M., Afdhal, A., & Fernanda, A. Y. (2022). An IoT-Based System for Water Quality Monitoring and Notification System of Aquaculture Prawn Pond. *2022 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT)*, 356–360. <https://doi.org/10.1109/COMNETSAT56033.2022.9994388>
- Ahmed, M., Rahaman, M. O., Rahman, M., & Abul Kashem, M. (2019). Analyzing the Quality of Water and Predicting the Suitability for Fish Farming based on IoT in the Context of Bangladesh. *2019 International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)*, 0, 1–5. <https://doi.org/10.1109/STI47673.2019.9068050>
- Alamsyah, Subito, M., & Amir, A. (2020). Design System Body Temperature and Blood Pressure Monitoring Based on Internet of Things. *2020 3rd International Conference on Information and Communications Technology, ICOIACT 2020*, 276–279. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT50329.2020.9331968>
- Alqahtani, A. A. S., Alamleh, H., & Al Smadi, B. (2022). IoT Devices Proximity Authentication in Ad Hoc Network Environment. *2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference, IEMTRONICS 2022*. <https://doi.org/10.1109/IEMTRONICS55184.2022.9795787>
- Alvarado-Salazar, R., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Revisión de la literatura sobre el uso de Inteligencia Artificial enfocada a la atención de la discapacidad visual. *Revista InGenio*, 5(1), 10–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.18779/ingenio.v5i1.472>
- Arguello Lino, R. E., & Coca Hidalgo, J. L. (2023). *Modelo de datos seguros para el sector inmobiliario en Ecuador utilizando tecnología Blockchain*.
- Arun, C., Bavani, M., Preethi, C., Iswariya, V., & Nithya, K. V. (2022). Automating the Process of Monitoring Fish Pond Water using IoT. *3rd International Conference on Smart Electronics and Communication, ICOSEC 2022 - Proceedings, Icosec*, 656–659. <https://doi.org/10.1109/ICOSEC54921.2022.9951961>
- Athina, D., Rohit, M. P., Praagna, G. S. S. ., Malekar, E., Shireen, K., & Ramya, B. (2022). Design and Implementation of An Intelligent IoT Based Solar Powered Aqua Harvester to Improve Blue Revolution. *2022 7th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), Icces*, 1775–1782. <https://doi.org/10.1109/ICCES54183.2022.9835758>
- Bakhit, A. A., Jamlos, M. F., Alhaj, N. A., & Mamat, R. (2022). Biofloc Farming with IoT and Machine Learning Predictive Water Quality System. *Proceedings - 2022 RFM IEEE International RF and Microwave Conference, RFM 2022*, 31–34. <https://doi.org/10.1109/RFM56185.2022.10065258>
- Ballal, K. D., Singh, R., Dittmann, L., & Ruepp, S. (2022). Experimental Evaluation of Roaming Performance of Cellular IoT Networks. *International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN, 2022-July*, 386–391. <https://doi.org/10.1109/ICUFN55119.2022.9829590>

- Billah, M., Yusof, Z. M., Kadir, K., Malik, A., Ali, M., & Ahmad, I. (2019). *Quality Maintenance of Fish Farm : Development of Real-time Water Quality Monitoring System*. August, 27–29.
- Capelo, J., Ruiz, E., Asanza, V., Toscano-Quiroga, T., Sánchez-Pozo, N. N., Lorente-Leyva, L. L., & Peluffo-Ordóñez, D. H. (2021). Raspberry Pi-based IoT for shrimp farms Real-time remote monitoring with automated system. *International Conference on Applied Electronics, 2021-Septe*, 2021–2024. <https://doi.org/10.23919/AE51540.2021.9542907>
- Cheng, C.-Y., Chang, C., Lu, H., Cheng, S., Nan, F., Tang, C.-S., Hua, Z., Lin, W., & Yu, H. (2021). Design of a Feeding System for Cage Aquaculture Based on IoT and AI Technology. *2021 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS)*, 1–2. <https://doi.org/10.1109/ISPACS51563.2021.9650974>
- Chimbolema Yumizaca, L. C. (2023). *Revisión de la literatura sobre el uso del Internet Of Things enfocada a la atención hospitalaria*.
- Cordova-Rozas, M., Aucapuri-Lecarnaque, J., & Shiguihara-Juarez, P. (2019). A Cloud Monitoring System for Aquaculture using IoT. *SHIRCON 2019 - 2019 IEEE Sciences and Humanities International Research Conference*, 2–5. <https://doi.org/10.1109/SHIRCON48091.2019.9024849>
- Cruz Calero, G. N. (2022). *Modelo de conexión y datos para el seguimiento de pacientes de hospitales en Ecuador basado en Iot y Blockchain*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23330>
- Cruz, E., Jesús, P., Aguirre, L., Maribel, Y., Mosquera, R., Salvatierra, A., Abel, J., Maribel, Y., & Aguirre, L. (2022). *Impact the internet of things in the control and monitoring of water parameters for the production of shrimp in Ecuador*. 6, 83–92.
- Debdas, S., Padhi, S., Panda, M., Jain, C., Roy, S. S., & Prabhu, M. (2022). Automation and Monitoring Using IoT in Pisciculture. *2022 IEEE 2nd International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation, SeFeT 2022, August*, 4–6. <https://doi.org/10.1109/SeFeT55524.2022.9908693>
- Duangwongsa, J., Ungsethaphand, T., Akaboot, P., Khamjai, S., & Unankard, S. (2021). Real-time Water Quality Monitoring and Notification System for Aquaculture. *2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering*, 9–13. <https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCON51128.2021.9425744>
- Fauzan 'Adziimaa, A., & Arta, G. R. (2021). Prototype Design of IoT Water Turbidity Sensor-Based For Freshwater Fisheries. *2021 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation (ICAMIMIA)*, 108–113. <https://doi.org/10.1109/ICAMIMIA54022.2021.9807688>
- Fedexpor. (2023). *Exportaciones Ecuador*.
- Goswami, N., Sufian, S. A., Khandakar, M. S., Shihab, K. Z. H., & Zishan, M. S. R. (2022). Design and Development of Smart System for Biofloc Fish Farming in Bangladesh. *2022 7th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), Icces*, 1424–1432. <https://doi.org/10.1109/ICCES54183.2022.9835915>
- Goud, C. S., Das, S., Kumar, R., Mahamuni, C. V., & Khedkar, S. (2020). Wireless Sensor Network (WSN) Model for Shrimp Culture Monitoring using Open Source IoT. *2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 764–767. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183178>
- Harun, M. U., Rasyid, A., Mubtadai, N. R., Sukaridhoto, S., Ardianto, R., & Fahmi, N. (2021). *Water Quality Monitoring System in Aquaculture Environment Based on Internet of Things*. 23–28.
- Hawari, H. F., & Hazwan, M. A. (2022). Development of Iot Monitoring System For

- Aquaculture Application. *2022 International Conference on Green Energy, Computing and Sustainable Technology (GECOST)*, 330–334. <https://doi.org/10.1109/GECOST55694.2022.10010661>
- Hsieh, C., Wang, C. C. N., Stefanie, C., & Chang, W. S. (2020). *The Preliminary Design of Water Quality Monitor System for the Ecological Pond based on LoRaWAN*. 365–367. <https://doi.org/10.1109/IS3C50286.2020.00100>
- Huang, I. J., Kuang, S. R., Chang, Y. N., Hung, C. C., Tsai, C. R., & Feng, K. L. (2019). AIoTs for Smart Shrimp Farming. *Proceedings - 2019 International SoC Design Conference, ISOCC 2019, 2019-Janua*, 17–18. <https://doi.org/10.1109/ISOCC47750.2019.9078467>
- Isa, I. S., Norzrin, N. N., Sulaiman, S. N., Hamzaid, N. A., & Maruzuki, M. I. F. (2020). CNN Transfer Learning of Shrimp Detection for Underwater Vision System. *Proceeding - 1st International Conference on Information Technology, Advanced Mechanical and Electrical Engineering, ICITAMEE 2020*, 226–231. <https://doi.org/10.1109/ICITAMEE50454.2020.9398474>
- John, J., & Mahalingam P., M. P. R. (2021). Automated Fish Feed Detection in IoT Based Aquaponics System. *2021 8th International Conference on Smart Computing and Communications: Artificial Intelligence, AI Driven Applications for a Smart World, ICSCC 2021*, 286–290. <https://doi.org/10.1109/ICSCC51209.2021.9528186>
- Kadar, A., Masum, M., & Shan-a-alahi, A. (2019). *Design and Implementation of IoT based Ideal Fish Farm in the Context of Bangladesh Aquaculture System*. *2019(Icasert)*, 1–6.
- Kamruzzaman, S. M., Sakib, M. F. S., Rahman, L. M., Ahmed, T., Alam, M. S., Shakir, M. B., & Pavel, M. I. (2022). Sense-IT: An Aquaculture-Specific Autonomous Data Acquisition and Monitoring System. *2022 International Electronics Symposium (IES)*, 404–409. <https://doi.org/10.1109/IES55876.2022.9888275>
- Kodali, R. K., & Sabu, A. C. (2022). Aqua Monitoring System using AWS. *2022 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2022, MI*. <https://doi.org/10.1109/ICCCI54379.2022.9740798>
- Kumar, M. A., & Aravindh, G. (2020). An Efficient Aquaculture Monitoring Automatic System for Real Time Applications. *2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)*, 150–153. <https://doi.org/10.1109/ICISS49785.2020.9316072>
- Kuntagod, N., Podder, S., Rote, R. E., Abbabathula, S. S., Mishra, N., & Chopra, A. (2021). Ecosystem approach to sustainable aquaculture for smallholder farmers. *2021 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 138–141. <https://doi.org/10.1109/GHTC53159.2021.9612446>
- Mahmuda, Barkatullah, Haque, E., Al Noman, A., & Ahmed, F. (2021). Image Processing Based Water Quality Monitoring System for Biofloc Fish Farming. *2021 Emerging Technology in Computing, Communication and Electronics (ETCCE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ETCCE54784.2021.9689904>
- Martin, F. F., Rodriguez, A. V., De Quiros, L. B., Martinez, A. L., & Postolache, O. (2022). An Underwater Radio-Frequency IoT System for the Identification of Fish. *2022 International Symposium on Sensing and Instrumentation in 5G and IoT Era, ISSI 2022*, 127–131. <https://doi.org/10.1109/ISSI55442.2022.9963314>
- Mero Martínez, J. E. (2023). *Modelo de sistema domótico para la automatización de viviendas utilizando Raspberry PI 4 con Home Assistant*.
- Miñan Parrales, W. E. (2022). *Modelo de arquitectura de gestión de la información para la cadena de suministros en empresas de consumo masivo mediante Iot y Blockchain*.
- Monge-Quevedo, A., Sandoval-Bringas, J. A., Carreno-Leon, M. A., & Leon, D. P. C. (2021). Aquaculture 4.0 is the digital revolution that is not coming to the little Mexican farmers. *Proceedings - 2021 4th International Conference on Inclusive Technology and Education, CONTIE 2021*, 70–75. <https://doi.org/10.1109/CONTIE54684.2021.00021>

- Murdan, A. P., & Joyram, A. (2021). An IoT based solar powered aquaponics system. *2021 13th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ECAI52376.2021.9515023>
- Naciones-Unidas. (2023). *FAO*.
- Nguyen, N., Nguyen, K., Dinh, N., & Tran, N. (2022). Machine learning for the assessment and prediction of nitrite in the aquaculture water. *2022 International Conference on Multimedia Analysis and Pattern Recognition (MAPR)*, 2, 1–5. <https://doi.org/10.1109/MAPR56351.2022.9924656>
- Papanikolaou, V. K., Tegos, S. A., Bouzinis, P. S., Tyrovolas, D., Diamantoulakis, P. D., & Karagiannidis, G. K. (2022). ATLAS: Internet of Things Platform for Precision Aquaculture. *2022 Panhellenic Conference on Electronics and Telecommunications, PACET 2022*. <https://doi.org/10.1109/PACET56979.2022.9976375>
- Pattana-Anake, V., Joseph, F. J. J., & Pachaivannan, P. (2022). Data Wrangling for IoT Based Aquarium Water Quality Management System. *2022 International Conference on Data Science, Agents & Artificial Intelligence (ICDSAIAI)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICDSAIAI55433.2022.10028891>
- Priyanka, E. B., Adithya, B., Prasanth, S. A., & Dhanaseelan, C. (2022). Integrated Low-Cost Intelligent Solution for Inland Aquaculture. *2022 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ESCI53509.2022.9758230>
- Rawi, R., Salleh, S., & Husin, H. S. (2022). Shrimp Farming Water Parameter Monitoring System using LoRa. *IVIT 2022 - Proceedings of 1st International Visualization, Informatics and Technology Conference*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/IVIT55443.2022.10033355>
- Razzaq, A., Raza, M., Saif, F., Sajid, M. S., Bano, N., & Khan, A. H. (2021). IoT Based Fish Stress Factor Monitoring System. *2021 International Conference on Innovative Computing (ICIC), Icic*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICIC53490.2021.9692935>
- Rohan, K. K., Roria, O., Raghavendra, C. G., Awanti, S. S., Shruthishree, C., & Chakravorty, S. (2022). Determining Water Quality for Productivity in Aquaculture using Information and Communication Technologies. *2022 IEEE International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICDCECE53908.2022.9792874>
- Rohit, M. H., Hoque, Z. T., Mujibul Karim, S., & Siddique, S. (2019). Cost efficient automated pisciculture assistance system using internet of things (iot). *Proceedings - 2019 IEEE/ACM 1st International Workshop on Software Engineering Research and Practices for the Internet of Things, SERP4IoT 2019*, 49–52. <https://doi.org/10.1109/SERP4IoT.2019.00015>
- Sai, K., Javvaji, S., Pradesh, A., & Pradesh, A. (2020). *PROTOTYPE OF AQUACULTURE USING IoT*. 1–4.
- Samha, A. K., Alshelaly, E. E., Alswaigh, N. Y., & Alshammri, G. H. (2021). Applied Internet of Things in Saudi Arabia Aquaculture System. *2021 10th IEEE International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, 442–447. <https://doi.org/10.1109/CSNT51715.2021.9509649>
- Sanchez-Romero, J., & Llerena-Izquierdo, J. (2023). Revisión de la literatura sobre el uso del aprendizaje profundo enfocado en sistemas de inspección ópticos automatizados para la detección de defectos superficiales en el sector de la manufactura. *Revista InGenio*, 6(2), 1–19. <https://doi.org/10.18779/ingenio.v6i2.680>
- Santacruz Zárate, L. Y. (2023). *Sistema de comunicación para la gestión y control de la seguridad electrónica dentro de una vivienda por medio de registros de eventos mediante Raspberry Pi*.

- Shu, L., & Wen, X. (2021). An aquaculture monitoring system based on NB-IoT. *33rd Chinese Control and Decision Conference*, 5620–5624. <https://doi.org/10.1109/CCDC52312.2021.9601877>
- Sneha, P. S., & Rakesh, V. S. (2019). Automatic monitoring and control of shrimp aquaculture and paddy field based on embedded system and IoT. *Proceedings of the International Conference on Inventive Computing and Informatics, Icici*, 1085–1089. <https://doi.org/10.1109/ICICI.2017.8365307>
- Tendolkar, A., M, M. P. M., Choraria, A., Surathkal, S., Hariharan, A., Pai, R. M., & Adithya, K. S. (2021). Estuarine-Star (smart estuarine aquaculture management with sensor network). *2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 1593–1598. <https://doi.org/10.1109/SMC52423.2021.9659122>
- Thai-Nghe, N., Hung, T. T., & Ngon, N. C. (2020). A Forecasting Model for Monitoring Water Quality in Aquaculture and Fisheries IoT Systems. *Proceedings - 2020 International Conference on Advanced Computing and Applications, ACOMP 2020, 1*, 165–169. <https://doi.org/10.1109/ACOMP50827.2020.00033>
- Tsai, H., Lin, J., & Lyu, W. (2021). Design and Evaluation of Wireless Multi-Sensor IoT System for Monitoring Water Quality of Freshwater Aquaculture. *2021 International Automatic Control Conference (CACs)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CACS52606.2021.9639041>
- Uddin, M. A., Kumar Dey, U., Tonima, S. A., & Tusher, T. I. (2022). An IoT-Based Cloud Solution for Intelligent Integrated Rice-Fish Farming Using Wireless Sensor Networks and Sensing Meteorological Parameters. *2022 IEEE 12th Annual Computing and Communication Workshop and Conference, CCWC 2022*, 568–573. <https://doi.org/10.1109/CCWC54503.2022.9720860>
- Viera Vallejo, P. P. (2023). *Modelo de conectividad en la gestión de ventas y pagos para pequeñas empresas basado en IOT*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24176>
- Wang, J. H., Lee, S. K., Lai, Y. C., Lin, C. C., Wang, T. Y., Lin, Y. R., Hsu, T. H., Huang, C. W., & Chiang, C. P. (2020). Anomalous Behaviors Detection for Underwater Fish Using AI Techniques. *IEEE Access*, 8, 224372–224382. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3043712>
- Wang, X., Yu, G., Liu, R. P., Zhang, J., Wu, Q., Su, S. W., He, Y., Zhang, Z., Yu, L., Liu, T., Zhang, W., Loneragan, P., Dutkiewicz, E., Poole, E., & Paton, N. (2022). Blockchain-Enabled Fish Provenance and Quality Tracking System. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(11), 8130–8142. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3109313>
- Wanee, N., & Samanchuen, T. (2022). A Flexible Water Monitoring System for Pond Aquaculture. *International Conference on Digital Government Technology and Innovation, DGTi-Con 2022 - Proceedings*, 91–95. <https://doi.org/10.1109/DGTi-CON53875.2022.9849186>
- Wu, Y.-C., Chen, C.-H., Kao, S.-E., & Chen, J. (2021). Fish Farm Management System Based on IoT. *2021 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS)*, 1–2. <https://doi.org/10.1109/ISPACS51563.2021.9651086>
- Yamabe, S., Fukae, K., Imai, T., Arai, K., & Kobayashi, T. (2021). Multi-sensor Platform for Smart Aquaculture. *2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 356–357. <https://doi.org/10.1109/GCCE53005.2021.9621832>
- Yu, J. (2019). *Construction of Internet of Things System in Coastal Aquaculture Environment*. 97–100.
- Zaini, A. (2020). Data Visualization on Shrimp Pond Monitoring System Based on Temperature , pH , and DO (Dissolved Oxygen) with IoT. *International Conference on Computer Engineering, Network and Intelligent Multimedia, Cenim 2020*, 174–179.

<https://doi.org/10.1109/CENIM51130.2020.9297851>

Zerega-Prado, J., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Arquitectura de consolidación de la información para seguros de la salud mediante Big Data. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, 0(23 SE-Artículos). <https://doi.org/10.36561/ING.23.3>

ANEXO

Se presentan fotos de una piscina de camaronera en la provincia del Guayas.

