

Prototype of low-cost automated system for the monitoring and control of climatic variables in poultry farms

Ronald Juárez¹, Cristian Pinzón²

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Santiago - Veraguas, ronald.juarez@utp.ac.pa

²Universidad Tecnológica de Panamá, Santiago - Veraguas, cristian.pinzon@utp.ac.pa

*Autor de correspondencia: cristian.pinzon@utp.ac.pa

Abstract– This article presents the prototype of a low-cost system to monitor climatic variables that affect production in poultry farms, such as: enclosure lighting, temperature, relative humidity, flammable gases such as butane and toxic gases such as ammonia, proposing the monitoring and control of these variables through actuators such as fans and light bulbs. For the construction of the prototype, two modules were used, one called the telemetry unit in charge of making the connection with the Wi-Fi network and the second called the logger unit, which will receive the values from the sensors and determine when to activate the actuators. The Arduino UNO board was selected as the logger, which will be transmitting all the information from the reading of the sensors, through commands sent to the serial port to the telemetry unit corresponding to the ESP8266 module, where it is finally sent to the Ubidots platform. The transmission, storage and management of the values of the variables on the web platform were achieved, as well as the activation of the relay modules for the control of the actuator components. The estimated price of the system is USD 69.30 corresponding to the implanted hardware. The preliminary results of the project are presented in this article.

Keywords -- Automation, internet of things, broilers, sensor network, Arduino technology

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.522>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Prototipo de sistema automatizado de bajo costo para la monitorización y control de variables climáticas en fincas avícolas

Ronald Juárez¹, Cristian Pinzón²

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Santiago - Veraguas, ronald.juarez@utp.ac.pa

²Universidad Tecnológica de Panamá, Santiago - Veraguas, cristian.pinzon@utp.ac.pa

Resumen— En este artículo se presenta el prototipo de un sistema de bajo costo para realizar la monitorización de variables climáticas que afectan la producción en fincas avícolas como lo son: la iluminación del recinto, la temperatura, humedad relativa, gases inflamables como el butano y gases tóxicos como el amoníaco, planteando la monitorización y control de estas variables mediante actuadores como abanicos y bombillas. Para la construcción del prototipo se manejó dos módulos, uno denominado unidad de telemetría encargado de efectuar la conexión con la red Wifi y el segundo llamado unidad registrador, que recibirá los valores provenientes de los sensores y determinará cuándo activar los actuadores. Como registrador se seleccionó la placa Arduino UNO, la cual estará transmitiendo toda la información proveniente de la lectura de los sensores, mediante comandos enviados al puerto serial hacia la unidad de telemetría correspondiente al módulo ESP8266, donde finalmente se envía hacia la plataforma Ubidots. Se logró la transmisión, almacenamiento y gestión de los valores de las variables en la plataforma web, así como la activación de los módulos relé destinados al control de los componentes actuadores. El precio estimado del sistema es de 69,30 USD correspondiente al hardware implantado. Los resultados preliminares del proyecto son presentados en este artículo.

*Autor de correspondencia: cristian.pinzon@utp.ac.pa

Palabras clave -- Automatización, internet de las cosas, pollos de engorde, red de sensores, tecnología Arduino.

I. INTRODUCCIÓN

El sector avícola tiene sus inicios en Panamá en el año 1929 cuando aparece una primitiva y rural granja avícola, sin embargo, fue hasta el año 1939 donde surge una de las primeras empresas que logró el éxito en esta actividad llamada Hacienda Avícola Fidanque [1]. Para el año 1950 el Gobierno Nacional, con la finalidad de hacer crecer esta actividad a nivel industrial, comienza a introducir leyes que dictan las disposiciones sanitarias y la reglamentación sobre la producción, sacrificio, procesamiento e infección de aves y sus productos en el territorio nacional, pudiendo así surgir nuevas empresas a lo largo del país, lo que propició que para 1980 Panamá se consolidará con una industria avícola como la de muchos países desarrollados [1].

Actualmente, esta actividad es una de las más importantes de nuestro sector agropecuario, ya que permite suplir las necesidades básicas nutricionales de proteínas, minerales y

aminoácidos que requiere la población panameña, puesto que generalmente los precios de esta carne se mantienen por debajo del encarecimiento que genera la economía, pero más allá de este objetivo, también representa para muchas familias en áreas rurales, una fuente de sustento e ingreso mediante granjas y fincas avícolas informales.

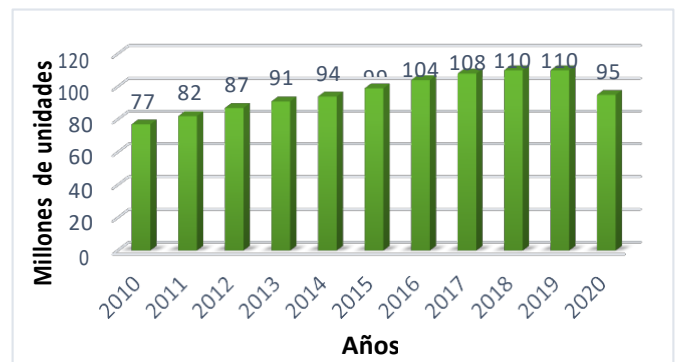


Fig 1 Producción de pollos de engorde sacrificados en millones de unidades durante los últimos diez años.

Fuente: Asociación Nacional de Avicultores de Panamá [2].

Como se puede observar en la Figura 1, en los últimos años se han sacrificado una importante cantidad de pollos destinados al consumo humano, siendo este un mercado muy activo tanto para grandes empresas como pequeños y micro productores del cual pueden obtener ganancias para mejorar su calidad de vida.

TABLA 1

POBLACIÓN AVÍCOLA NACIONAL INDUSTRIALIZADA POR PROVINCIA PARA EL AÑO 2019 [3].

Provincia	Población		
	Engorde	Ponedoras	Reproductoras
Chiriquí	530 000	238 500	50 050
Veraguas	3 965 945	202 900	252 500
Herrera	15 000	0	0
Coclé	2 280 400	61 517	729 746
Pma. Oeste	7 657 917	934 000	410 690
Colón	874 000	102 000	0
Pma. Este	4 763 238	1 859 691	454 040
Los Santos	764 000	74 000	0
Total	20 850 500	3 472 608	1 897 026

Como se muestra en la Tabla 1, la provincia de Veraguas produce industrialmente una considerable cantidad de población avícola, especialmente pollos de engorde para consumo; sin embargo, son muchos los productores rurales que con su ingenio logran establecer de esta actividad un negocio

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.522>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

rentable frente a las grandes empresas establecidas como industrias.

La agropecuaria en general ha sido uno de los últimos campos que adopta las nuevas tecnologías en la rama de la robótica y la automatización más allá de los centros industriales de producción. Panamá se ha quedado rezagada en la implementación tecnologías en dicho sector, auspiciado tal vez por la falta de apoyo por parte de las instituciones del país.

Sin embargo, hoy en día existen tecnologías de bajo costo y altas capacidades, con las que se pueden implantar soluciones para el aumento de producción, reducción de pérdidas y por consiguiente la disminución de costos, logrando así una mejor gestión en las operaciones.

Las tecnologías en mención son las denominadas *Open Source*, específicamente la plataforma Arduino [4]. Esta tecnología posee una variedad de tarjetas programables, así como módulos, sensores y un potente IDE (Entorno de desarrollo integrado) basado en *Wiring*, junto a un lenguaje de programación muy similar a C [4].

Este conjunto de tecnologías posee múltiples ventajas, entre ellas su bajo costo, fácil accesibilidad de los componentes de hardware, la sencillez para la creación de los códigos de programación y la versatilidad de los elementos electrónicos que se pueden combinar.

Como objetivo de este proyecto se tiene el desarrollo de un prototipo de sistema de bajo costo y de software libre, que sea capaz de mantener una monitorización y control de variables climáticas en una granja avícola enfocada en la cría de pollos de engorde, con la finalidad de incrementar el rendimiento de la producción, específicamente en los proyectos rurales de pequeños productores.

En este prototipo se plantea monitorizar y controlar las variables de temperatura, humedad y la cantidad de gases producto de los desechos animales.

El artículo está estructurado de la siguiente forma: primera sección corresponde a la introducción, la segunda sección trata la descripción de la problemática que se plantea resolver, la tercera sección da a conocer la metodología de investigación empleada, la cuarta sección describe las tecnologías y materiales utilizados, como quinta sección se aborda la construcción del prototipo, la penúltima sección muestra los resultados obtenidos, y la última sección presenta las conclusiones del trabajo.

II. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Panamá es un país de clima tropical que consta de dos estaciones, veranos muy fuertes y temporadas lluviosas con altas precipitaciones. Para el año 2015, la Contraloría General de la República registró un promedio de un 78.2% de humedad relativa junto a un máximo de 44.45° C y un mínimo de 22.65° C de temperaturas para la provincia de Veraguas [5].

Para la crianza de pollos de engorde, tanto comercial como en granjas rurales, se destaca el manejo de las condiciones climáticas como la humedad, temperatura, calidad del aire, ventilación e iluminación, vinculadas al desarrollo y buena

salud de las aves, por lo que su monitorización y control toma un valor significativo para evitar pérdidas económicas [6].

En las fincas rurales generalmente se construyen casetas inapropiadas para albergar los pollos de engorde, ya que, al contar con un presupuesto mínimo, se edifican con muchas deficiencias, incluso para suplir las prestaciones básicas requeridas, teniendo poca noción y control de las variables ambientales que ayudan o afectan a los animales.

TABLA 2
PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN LA CRÍA DE POLLOS [7].

Enfermedad	Causante	Síntomas	Transmisión
Coriza Infecciosa	Bacteria <i>Haemophilus gallinarum</i> . Se agrava con cambios de corrientes de aire, temperatura, humedad.	Estornudos. Supuración maloliente. Hinchazón. Inflamación de los ojos.	Partículas de polvo que mueve el aire entre galerones o de un animal a otro.
Bronquitis Infecciosa	Coronavirus que se reproduce en ambientes húmedos.	Jadeos. Tos. Secreción nasal. Ojos llorosos.	Por medio del aire y cualquier otro medio mecánico.
Gumboro o Bursitis	Bimavirus, muy resistente a las condiciones ambientales desfavorables.	Decaimiento. Plumaz erizadas. Temblores. Diarreas acuosas.	Por contacto directo de las aves y de sus excrementos

Si estos factores no son monitorizados y controlados, puede provocar alteraciones al sistema digestivo y respiratorio, originando enfermedades como las mostradas en la Tabla 2, que merman la producción de pollos de engorde [6].

Por esto, la problemática planteada en este proyecto es la limitada capacidad que tienen los productores de fincas avícolas rurales de conocer las condiciones climáticas como lo son: temperatura, humedad, gases inflamables, gases nocivos e iluminación, en las galeras de pollos de engorde y poder controlar dichas variables. Esto conlleva pérdidas debido a enfermedades, bajo bienestar animal y gastos extras en las operaciones de mantenimiento.

III. METODOLOGÍA

A continuación se detalla la metodología empleada para la elaboración de esta investigación:

A. Identificación del problema

Se realizó entrevistas informales con avicultores para conocer los problemas que afrontan en la crianza de pollos de engorde, identificando las condiciones climáticas del recinto de cría, como los elementos a monitorizar y controlar.

B. Revisión bibliográfica

Se llevó a cabo una revisión de trabajos similares o relacionados con el campo de investigación en portales como Google Scholar y ResearchGate empleando la palabra clave "granja avícola inteligente".

C. Identificación de tecnologías de software y hardware

Se identificaron las tecnologías necesarias para la construcción del prototipo, como la placa Arduino UNO como

microcontrolador, sensores DHT11 y DHT22 para temperatura y humedad, los sensores MQ2 y MQ135 para calidad del aire, sensor KY018 para la iluminación, módulos relé para el control de actuadores, el módulo ESP8266 para la conexión a internet y la plataforma Ubidots como aplicación de usuario final.

D. Construcción y prueba del prototipo

Se procedió a diseñar la arquitectura del prototipo, así como su esquema electrónico, para posteriormente realizar el montaje físico de los componentes, comprobando el funcionamiento y conexión con la plataforma Ubidots.

E. Resultados y conclusiones

Los resultados son obtenidos después de evaluar el comportamiento del prototipo durante 7 días y son presentados mediante gráficos, tablas e imágenes presentando las conclusiones del proyecto.

IV. TECNOLOGÍAS IMPLEMENTADAS

En este proyecto el enfoque está en tecnologías de uso libre con un bajo costo. Hecha la revisión bibliográfica se identificaron las siguientes tecnologías:

A. Arduino Uno

Es una placa que contiene el microcontrolador Atmega328P, con 14 pines digitales para entradas y salidas junto a 6 pines analógicos [8].

B. Sensores DHT-11 y DHT-22

Son sensores del tipo digital destinados a medir la temperatura y humedad relativa del aire. Donde el sensor DHT 11 brinda un rango de temperatura de 0 a 50 °C y un rango de humedad relativa de 20 % a 90 % [9], frente al sensor DHT 22 que mide de -40° C a 80° C con 0 a 100 % como rango de humedad relativa [10].

C. Sensor de Gas MQ-135

Se especializa en la detección de gases como: el amoníaco, alcohol, humo, dióxido de carbono, benceno [11].

D. Sensor de Gas MQ-2

Está destinado a medir la presencia de gases como LPG, metano, propano, hidrogeno [12].

E. Modulo Relé

Permiten controlar voltajes o corrientes elevadas permitiendo controlar dispositivos como bombillas, bombas de agua, abanicos, etc [13].

F. Display 16x2 mediante I2C

Permite visualizar información, se conecta mediante el adaptador I2C facilitando la conexión a Arduino [12].

G. Sensor fotorresistor KY-018

Funciona con la variación de luz, a mayor detectada, el valor de resistencia disminuye [14].

H. Módulo wifi ESP8266

Brinda conexión inalámbrica a internet mediante una red doméstica. Este módulo es muy versátil y con un muy bajo costo [15].

I. Plataforma Ubidots

Proporciona un entorno donde se puede enviar la información que reciben los sensores, directo a la nube, permitiendo llevar un registro de estos datos, y la posibilidad de crear tableros donde poder organizarlos a través de complementos [16].

V. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

A. Conexión a la Plataforma Ubidots

Para realizar la conexión y poder utilizar la plataforma Ubidots como una base de datos en la nube, se basó en el esquema de conexión brindado en la documentación de esta plataforma. En este se emplea el módulo wifi ESP8266 como una unidad de telemetría, que brindará acceso a internet de manera inalámbrica a nuestro microcontrolador, en este caso el Atmega328P de Arduino UNO, el cual estará funcionando como el registrador [17].

De este modo se tiene un esquema en donde la placa Arduino UNO, funcionó como el receptor de los valores que los sensores detecten y activó los actuadores dependiendo de estas entradas.

Por otro lado, mediante el puerto serial, se transmitieron los comandos con la información de los sensores hacia nuestra unidad de telemetría, donde a partir de allí se efectuó el registro y envío de los datos a la plataforma web.

Para la implementación de este esquema, se manejaron dos códigos:

El primero, dedicado a la configuración del módulo ESP8266, este se almacenó dentro de su memoria flash y fue el encargado de realizar la conexión a nuestra red inalámbrica doméstica, especificando el nombre, la contraseña y el token que nos brinda la plataforma Ubidots, único para nuestro usuario.

El segundo código fue implementado en la placa Arduino UNO, este fue el encargado de manejar la información proveniente de los sensores (DHT-11, DHT-22, MQ-135, MQ-3, KY-018), así como efectuar la activación de los módulos relé correspondientes a los actuadores (abanico y una bombilla), transmitiendo finalmente la información mediante comandos por el puerto serial.

Diseño del prototipo



Fig 2 Esquema de conexión de las tecnologías que conforman el prototipo basada en la documentación de la plataforma Ubidots.

B. Montaje de los componentes

Para realizar el maquetado de las conexiones, se empleó la herramienta Fritzing donde se pudo diseñar el circuito final.

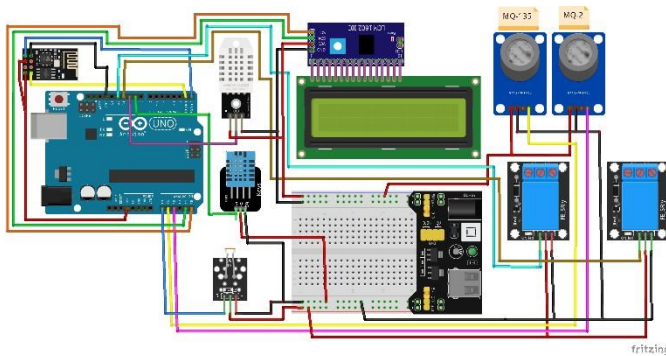


Fig 3 Circuito electrónico del prototipo diseñado en la herramienta Fritzing.

A continuación, se detallan los pines utilizados para cada componente.

TABLA 3
PINES DE LA PLACA ARDUINO UNO UTILIZADOS PARA CADA SENSOR.

Arduino		Módulos y sensores	
Pines digitales	9	Sensor DHT 11	
		Pin	S
Pines digitales	10	Sensor DHT 22	
		Pin	Out
Pines analógicos	A0	Sensor KY-018	
		Pin	S
	A1	Sensor MQ-135	
		Pin	A0
Pines digitales	A2	Sensor MQ-2	
		Pin	A0
	12	Módulo Relé 1	
		Pin	S
Pines digitales	13	Módulo Relé 2	
		Pin	S
	RX (0)	TX	Pines
	TX (1)	RX	

Una vez identificado los pines y conexiones se realizó el ensamblado y construcción de la maqueta. Debido al estado actual de pandemia, la implementación del prototipo en una galera con condiciones reales en la cría de aves se vio limitada, por lo tanto, se hizo el maquetado con todos los componentes

donde se pudo poner a prueba y verificar el funcionamiento de estos.

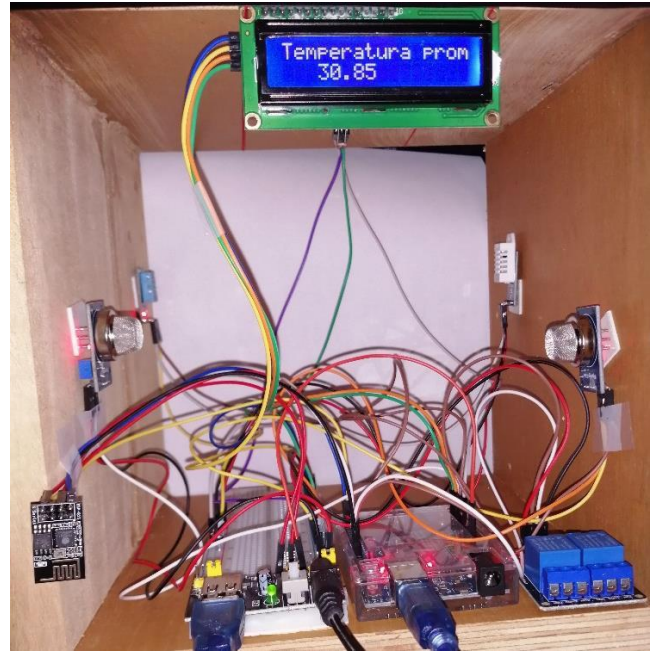


Fig 4 Montaje físico de los componentes, donde se aprecia el funcionamiento y conexión de los sensores y módulos con las diferentes placas.

C. Código implementado para Arduino.

Para la creación del código se utilizaron librerías externas que permitieron ahorrar líneas de código, brindando flexibilidad para el manejo de los sensores. Estas librerías fueron agregadas utilizando el gestor de bibliotecas del IDE Arduino, entre ellas tenemos:

- Librería <Ticker.h>: permitió crear rutinas con tiempo de esperas para cada función independiente. Reemplazó la función delay(), ya que evitó los bloqueos que esta provocó [18]. Se utilizó para lanzar, en diferentes intervalos de tiempo, la lectura proveniente de los sensores hacia la unidad de telemetría, permitiéndonos tener activo todos los módulos sin tener que bloquear el funcionamiento de alguno.
- Librería <DHT_U.h>: se empleó para obtener las lecturas de temperatura y humedad provenientes de los módulos DHT11 y DHT22. Simplemente llamando a los métodos readTemperature() y readHumidity() [10].
- Librería <LiquidCrystal_I2C.h>: permitió el funcionamiento de la pantalla LCD 16x2 mediante conexión I2C [19].

VI. RESULTADO

Mediante la implementación del esquema: registrador – unidad de telemetría, se alcanzó la conexión, transmisión y almacenamiento de los valores registrados por los sensores hacia la plataforma Ubidots, logrando la activación de los módulos relé dedicados a encender los actuadores para el control de las variables.

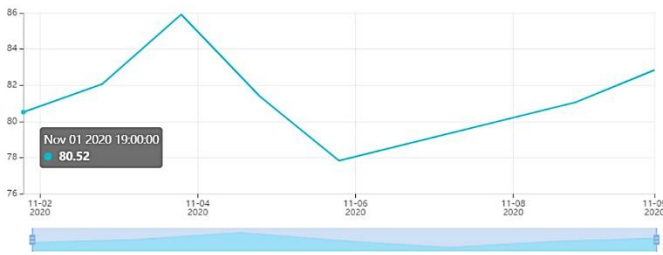


Fig 5 Gráfica generada por la plataforma Ubidots donde representa el promedio de lecturas para la humedad relativa medido en porcentaje, desde la puesta en marcha del prototipo.

TABLA 4

Registros de lecturas referente a la humedad relativa almacenados en la nube bajo su fecha y hora.

DATE	VALUE	CONTEXT	ACTIONS
2020-11-09 21:51:19 -05:00	81.55	0	
2020-11-09 21:51:06 -05:00	82.05	0	
2020-11-09 21:50:53 -05:00	83.55	0	
2020-11-09 21:50:41 -05:00	83.50	0	
2020-11-09 21:50:27 -05:00	82.00	0	
2020-11-09 21:50:15 -05:00	83.55	0	
2020-11-09 21:50:01 -05:00	83.70	0	
2020-11-09 14:41:05 -05:00	79.80	0	
2020-11-09 14:40:51 -05:00	79.85	0	
2020-11-09 14:40:38 -05:00	79.95	0	

Cómo se puede observar en la figura 4 y la tabla 4, los datos fueron transmitidos de manera correcta, logrando almacenarse y pudiendo ser visualizados mediante gráficas y tabla de registros.

Una vez los datos llegaron a la plataforma y fueron almacenados, se crearon alertas vía correo electrónico y mensajes SMS fueron enviados al usuario o dueño de la galera.

También se logró diseñar una tabla de complementos para facilitar la visualización de las variables monitoreadas, siendo estas actualizadas en tiempo real a medida que los datos llegan a la plataforma.

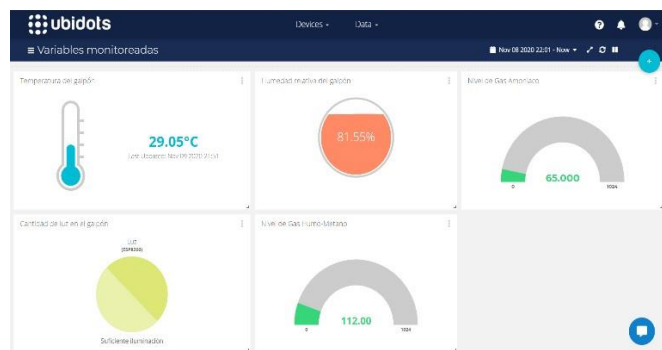


Fig 6 Tabla de complementos para la visualización de las principales variables a monitorizar dentro del galpón.

Se realizó la comparación con otro trabajo similar, “Diseño de un sistema de control gerencial de plantas avícolas utilizando

redes de sensores inalámbricos con tecnología Open Hardware” [20].

TABLA 5

Comparación de las variables estudiadas en el trabajo similar encontrado, así como las ventajas y desventajas frente al prototipo propuesto.

	Variables estudiadas	Ventajas	Desventajas
Proyecto propuesto	Temperatura, Humedad relativa, Iluminación, Presencia de gases (Butano, Amoniac)	Bajo costo (aproximadamente 69,30 USD) Utilización de plataforma bajo licencia gratuita, alojada en la nube.	Falta de implementación en un entorno real como lo es un corral de aves.
Diseño de un sistema de control gerencial de plantas avícolas utilizando redes de sensores inalámbricos con tecnología Open Hardware.	Temperatura, Humedad relativa, Iluminación, Presencia de gases (Butano, Monóxido de Carbono y amoniac).	Implementación de aplicación web y aplicación de escritorio utilizando una base de datos dedicada. Se probó en un escenario real.	Costo adicional en el desarrollo de software hecho a la medida por los autores.

El mantenimiento de un corral avícola puede ser la clave del éxito para el emprendimiento de pequeños productores rurales que buscan su sustento en esta actividad, utilizando tecnologías *open source* que existen en el mercado. Para este prototipo, estas tecnologías brindaron conectividad inalámbrica a internet, logrando el almacenamiento de los valores referente a la humedad relativa, temperatura promedio, detección de los gases metano y amoniac, así como la cantidad de luz dentro del lugar donde se realizó el montaje de los componentes. Con estos valores obtenidos y analizados se logró la activación de los módulos relés correspondientes a los actuadores, para proceder al control de las variables climáticas.

Se logró el funcionamiento del circuito planteado para las conexiones de los diversos componentes que conformaban el prototipo.

Siguiendo la documentación brindada por la plataforma Ubidots, se estableció una conexión vía *wifi* para el envío de información y su posterior tratamiento. Esta plataforma es una opción mucho más sencilla y rápida que el desarrollo de una base de datos y su aplicación dedicada.

La implementación del prototipo en un escenario real se vio limitada debido al actual estado de pandemia junto al mal clima que impide el trabajo de campo.

Cómo trabajo futuro se espera llevar el prototipo a una granja rural donde pueda ser sometido a pruebas rigurosas para comprobar su eficiencia y realizar mejoras.

REFERENCIAS

- [1] Toledano S.A., “Informe de actualización anual,” Panamá, Dec. 2017.
- [2] Asociación Nacional de Avicultores de Panamá, “La avicultura en Panamá – ANAVIP.” <https://www.anavip.org/index.php/la-avicultura-en-panama/> (accessed Oct. 16, 2020).
- [3] Asociación Nacional de Avicultores de Panamá, “La avicultura en

- Panamá - Indicadores económicos.”.
- [4] Vargas-Manuel, S.-J. & Castillo-Georgina, and Brambila-Alfredo, “Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación,” *Artículo Revista de Tecnología e Innovación Septiembre*, vol. 2, pp. 810–815, Jul. 07, 2015.
- [5] S. A. Empresa de Transmisión Eléctrica, “Instituto Nacional de Estadística y Censo,” *Meteorología 2015*, 2015. .
- [6] O. Napole and V. Gonz, *Avicultura*, vol. 18, no. 4. Ecuador, 2005.
- [7] D. E. Temperatura, Y. Humedad, R. En, C. De, P. De Engorde, and I. V. Trujillo Olaya, “Diseño e implementación de un sistema embebido para control de temperatura y humedad relativa en criadero de pollos de engorde,” Santiago de Cali, 2016.
- [8] “Arduino Uno Rev3 | Arduino Official Store.” .
- [9] Pi BOTS MakerHub, “How to connect DHT 11 Sensor with Arduino UNO - Arduino Project Hub,” May 2020. .
- [10] M. Afzal and M. Vasilakis, “Temperature Monitoring With DHT22 & Arduino - Arduino Project Hub,” Apr. 2016. .
- [11] “Módulo Sensor MQ-135 Calidad del Aire - Geekbot Electronics.” .
- [12] J. Riyaz, “How to Connect MQ2 Gas Sensor to Arduino - Arduino Project Hub,” Feb. 2018. .
- [13] “Módulo Relay 2CH 5VDC - Naylamp Mechatronics - Perú.” .
- [14] ArduinoModules, “KY-018 Photoresistor Module,” Aug. 2020. .
- [15] “Módulo ESP-01 ESP8266 WiFi-Serial - Naylamp Mechatronics - Perú.” .
- [16] Ubidots, “IoT platform | Internet of Things,” 2022. <https://ubidots.com/> (accessed May 10, 2022).
- [17] M. Hernandez, “Connect the ESP8266 as a telemetry unit with Ubidots | Ubidots Help Center.” .
- [18] S. Staub, “Ticker - Arduino Reference.” .
- [19] F. de Brabander and M. Schwartz, “LiquidCrystal I2C - Arduino Reference.” .
- [20] M. Fabián Vásquez Barrera and D. Fernando Ávila Pesantez, “Diseño de un sistema de control gerencial de plantas avícolas utilizando redes de sensores inalámbricos con tecnología OpenHardware,” Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, Ecuador, 2015.