

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL REMOTO DE TEMPERATURA EN INCUBADORA DE HUEVO DE AVES BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS

MONITORING AND REMOTE CONTROL SYSTEM OF TEMPERATURE IN A POULTRY EGG INCUBATOR BASED ON INTERNET OF THINGS

María Estela Rodríguez Torres

Tecnológico Nacional de México / IT de Torreón, México
maria.rt@torreon.tecnm.mx

Claudia Elena Soto Álvarez

Tecnológico Nacional de México / IT de Torreón, México
claudia.sa@torreon.tecnm.mx

Dora Ofelia Rodríguez Martínez

Tecnológico Nacional de México / IT de Torreón, México
dora.rm@torreon.tecnm.mx

Francisco Javier Ruíz Ortega

Tecnológico Nacional de México / IT de Torreón, México
francisco.ro@torreon.tecnm.mx

Luis Fernando Portilla Flores

Tecnológico Nacional de México / IT de Torreón, México
luisfer.portillaf.96@gmail.com

Recepción: 3/diciembre/2020

Aceptación: 14/abril/2021

Resumen

Se describe el desarrollo de un sistema de monitoreo y control de temperatura en tiempo real dentro de una incubadora de huevo de ave basado en Internet de las Cosas (IoT, por su siglas en inglés), alertando al avicultor en caso de emergencia, se utiliza una red de sensores de temperatura DHT22, placa WEMOS D1 R2, con desarrollo WiFi, basada en el módulo ESP8266 utilizando el IDE de Arduino para su programación, esta se encarga de recopilar los datos a través de la red de sensores de temperatura para su proceso y toma de decisiones activando o desactivando actuadores (Ventilador y Resistencia eléctrica) con la finalidad de mantener la temperatura optima durante la incubación ya que esta varía según los días

trascurridos; se utilizó un reloj de tiempo real RTC como contador; los datos obtenidos por la red de sensores son enviados a la plataforma ThingSpeak (plataforma de internet de las cosas), la cual sirve de apoyo al productor en el monitoreo y control de temperatura al interior de la incubadora de forma remota aumentando la seguridad en la producción.

Palabras Clave: Arduino, control, incubación de huevos, incubadora, Internet de las cosas, temperatura.

Abstract

It describes the development of a real-time temperature monitoring and control system inside a bird's egg incubator based on Internet of Things (IoT), alerting the poultry farmer in case of emergency, using a network of DHT22 temperature sensors, WEMOS D1 R2 board, with WiFi development, based on the ESP8266 module using Arduino's IDE for its programming, it is in charge of collecting the data through the temperature sensor network for its processing and decision making by activating or deactivating actuators (Fan and Electric Resistance) in order to maintain the optimal temperature during incubation since it varies according to the days elapsed; A real time RTC clock was used as a counter; the data obtained by the sensor network is sent to the ThingSpeak platform (Internet of Things platform), which supports the producer in monitoring and controlling temperature inside the incubator remotely, increasing production security.

Keywords: *Arduino, control, hatching eggs, incubator, Internet of Things, temperature.*

1. Introducción

Los grandes avances tecnológicos de las últimas décadas en las Tecnologías de la Información y Comunicación han permitido que tengamos medios cada vez más poderosos como Internet con relativa facilidad y bajo costo [Alcaraz, M.,2014:1]. Internet de las Cosas (IoT) consiste en que las cosas tengan conexión a Internet en cualquier momento y lugar. En un sentido más técnico, consiste en la integración de

sensores y dispositivos en objetos cotidianos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas [Bankinter, F.,2011:6].

Los productores agropecuarios pueden beneficiarse de esta tecnología utilizando el paradigma del internet de las cosas para monitorear y controlar los procesos de producción.

Se pueden utilizar sensores que controlen en tiempo real (humedad, temperatura, fertilización, etc.) las condiciones del suelo [Alcaraz, M.,2014:5].

La avicultura es la principal fuente de proteína de origen animal en la dieta de los mexicanos, las condiciones económicas conducen a encontrar nuevos esquemas de producción como los clústeres agropecuarios y la introducción de nuevas tecnologías para mejorar los procesos productivos, ocasionando que los productores deban estar atentos a las innovaciones tecnológicas que se generan en México y en el mundo [García, 2016].

El sistema inteligente de gestión avícola incluye tecnologías de producción animal como sensores inteligentes, automatización de procesos y plataformas de toma de decisiones basadas en datos [Jake A, Rozita A., Darab, Evan D.G, Bruce R. Shaya S., 2020].

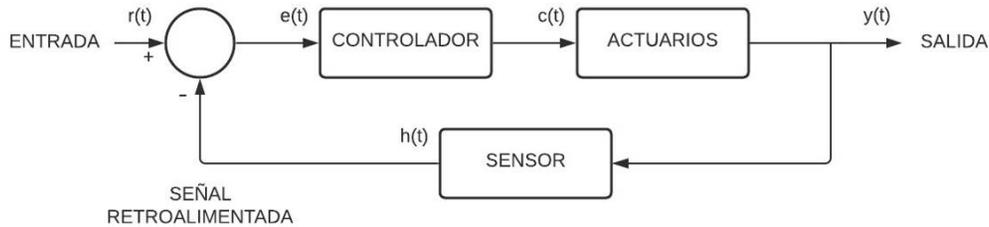
Una incubadora es un aparato que se utiliza para proporcionar condiciones ambientales, como temperatura, humedad y ventilación para incubar un número relativamente grande de huevos de ave [Sansomboonsuk, 2011:51].

La temperatura es uno de los factores que determinan el éxito del proceso de incubación. Por lo tanto, es fundamental cumplir con los requerimientos necesarios de esta para así lograr una mayor incubabilidad [Nakage, E. S., Cardozo, J. P., Pereira, G. T., & Boleli, I. C.;2003:131].

2. Métodos

Para el desarrollo del presente proyecto se aplicó el enfoque cuantitativo, utilizando la técnica de entrevista a avicultores de pequeña y mediana escala de la región para la recolección de datos, como aplicando una metodología de prototipo, ya que se ha trabajado de manera evolutiva y ha sido evaluando constantemente por el usuario final, haciendo mejoras continuas, hasta llegar al producto final.

El diagrama de bloques, representan los componentes necesarios y su funcionamiento para el sistema de control de temperatura tal como se muestra en la figura 1.

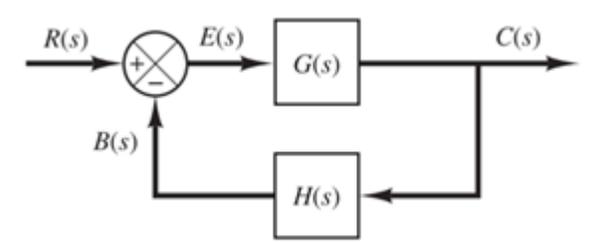


Fuente [Ogata, K. 2003:19]

Figura 1 Elemento de un sistema de control en lazo cerrado.

En la función de transferencia en lazo cerrado para el sistema que aparece en la figura 2, la salida $C(s)$ y la entrada $R(s)$ se relacionan mediante ecuaciones 1.

$$\begin{aligned} C(s) &= G(s)E(s) \\ E(s) &= R(s) - B(s) \\ &= R(s) - H(s)C(s) \end{aligned} \quad (1)$$



Fuente [Ogata, K. 2003:19]

Figura 2 Sistema en lazo cerrado.

Si se elimina $E(s)$ de las ecuaciones 1, se obtiene ecuación 2.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} \quad (2)$$

O bien, ecuación 3.

$$C(s) = G(s)[R(s) - H(s)C(s)] \quad (3)$$

En el sistema de control de temperatura se hizo énfasis en su diseño, para que este fuera capaz de estabilizar adecuadamente las condiciones de temperatura dentro

de la incubadora con los límites requeridos, Se utilizó la placa Wemos D1 R1 ya que cuenta con chip Wifi y procesador, siendo un sistema basado en IoT utilizando el módulo ESP8266 programado con el IDE de Arduino, este recibe los datos de la red de sensores de temperatura DHT22 distribuidos dentro de la incubadora, adicionalmente la placa controla el encendido y apagado de los actuadores (Ventilador y Resistencia Eléctrica).

Para el desarrollo del embrión dentro del huevo al momento de ser incubado actúan varios factores; Temperatura, humedad, ventilación y volteo de los huevos entre otros, pero la temperatura es el factor que tiene mayor influencia, ya puede dificultar el desarrollo del embrión y así disminuir su tasa de desarrollo satisfactorio, donde los huevos son sometidos a diferentes temperaturas hasta la eclosión, es importante que durante la incubación la temperatura debe ser la necesaria para asegurar una producción saludable de los pollos [Boleli *et al.*, 2016:2].

Al presentar una temperatura inferior a la necesaria por el embrión durante el proceso de incubación, ocasionara una baja tasa de desarrollo celular, por el contrario una temperatura mayor a la necesaria aumentará el desarrollo del embrión generando mayor requerimiento de energía y oxígeno, en consecuencia se originara baja calidad en los pollos, presentando diferentes dificultades como: signos de deshidratación, mala cicatrización de ombligos, picos y tarsos rojos, así como aumento en el porcentaje de malformaciones y mala posición [Christensen *et al.* 2006, Oviedo *et al.* 2008:666-676].

El desarrollo embrionario adecuado se produce cuando la temperatura de la cáscara es mantenida entre 100 y 101 °F (37.7 y 38.3 °C) como se puede observar en la tabla 1. Ésta permite que el ritmo de diferenciación y desarrollo celular se lleve a cabo de forma natural, y que así los órganos se originen adecuadamente para conformar los diferentes sistemas que conciben el cuerpo del pollito.

Debido a lo anterior, es sumamente importante realizar una calibración adecuada [Diaz, 2016].

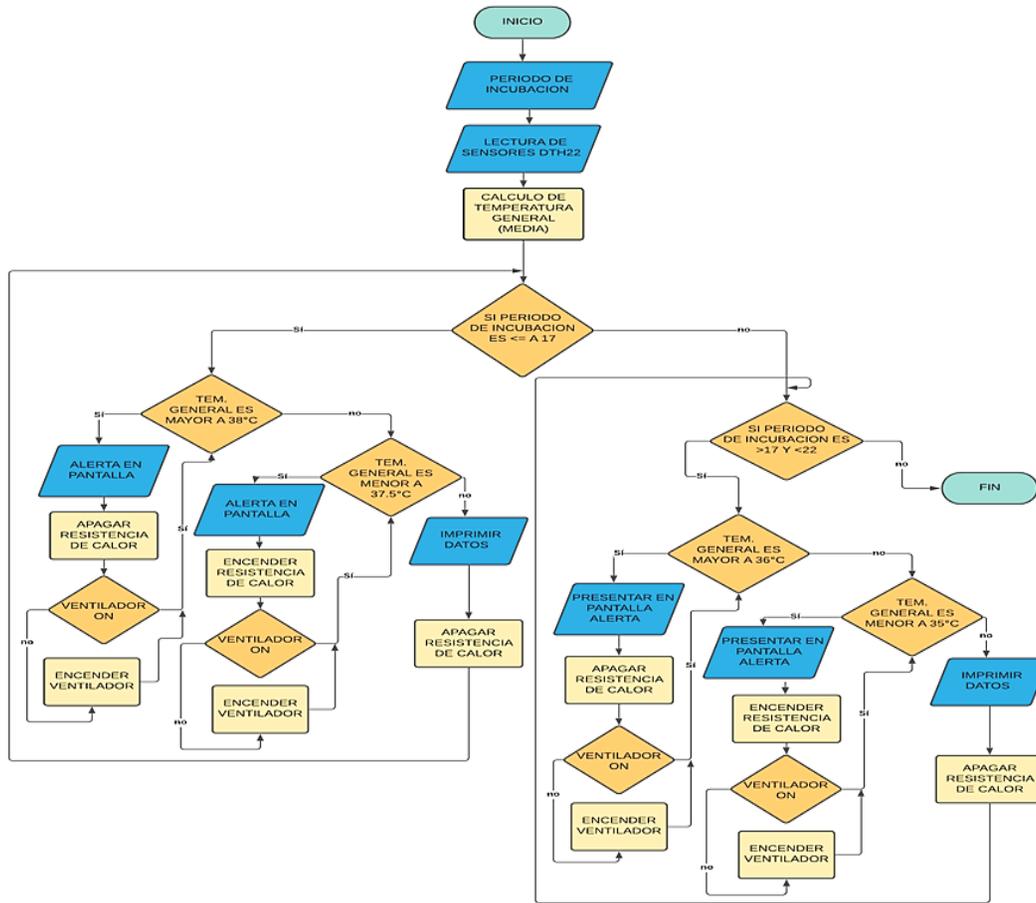
Un sistema de control de la temperatura debe de ser preciso, pues pequeñas variaciones de tan solo fracciones de grados centígrados, aunque sean tan solo temporales tendrán como resultado una reducción de la incubabilidad.

Tabla 1 Registro de incubación.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
		Día 1 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 2 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 3 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 4 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 5 Temperatura 37.5 – 38 °C
Día 6 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 7 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 8 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 9 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 10 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 11 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 12 Temperatura 37.5 – 38 °C
Día 13 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 14 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 15 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 16 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 17 Temperatura 37.5 – 38 °C	Día 18 Temperatura 35 – 36 °C	Día 19 Temperatura 35 – 36 °C
Día 20 Temperatura 35 – 36 °C	Día 21 Temperatura 35 – 36 °C					

Fuente: [Elaboración propia]

El desarrollo del sistema de monitoreo y control de variables ambientales en una incubadora de huevo de aves basado en IoT, surgió como respuesta a la necesidad que existe actualmente en el sector avícola. Actualmente las nuevas tecnologías son necesarias para cualquier sistema de control, ofreciendo seguridad en la producción, ya que es de suma importancia que la temperatura se mantenga en el rango de 37.5 a 38 °C hasta el día 17 y reducirlo de 35 a 36 °C los días 17 al 21, considerando que el tiempo de incubación son 21 días, si se presenta variación en la temperatura por encima de los 38 °C el sistema automáticamente activa el ventilador, alertando con un botón de color rojo intenso y desactivando la resistencia que es la fuente de calor, por otro lado si la temperatura es menor a 37.5 °C, se lanza una alerta en pantalla y se activa la resistencia y ventilador para generar calor y distribuirlo, proceso hasta el día 17 de incubación, a partir del día 18 al 21, se repite el procedimiento pero las condición son ajustadas de la siguiente manera, si es mayor a 36 °C se activa el ventilador y apaga la resistencia y si es menor de 35 °C se activa el ventilador y resistencia, alertando en pantalla, para estabilizar el rango de temperatura necesaria, al alertar al productor le permite tomar decisiones para así corregir lo ocurrido o bien el sistema ofrece la automatización de los procesos según la temperatura, presentando la información de manera gráfica en pantalla en el navegador Web o extraer un archivo de Excel, esto puede marcar la diferencia de obtener una incubación exitosa y reducir la perdida de producción, beneficiando al avicultor, mostrando el proceso en la figura 3.

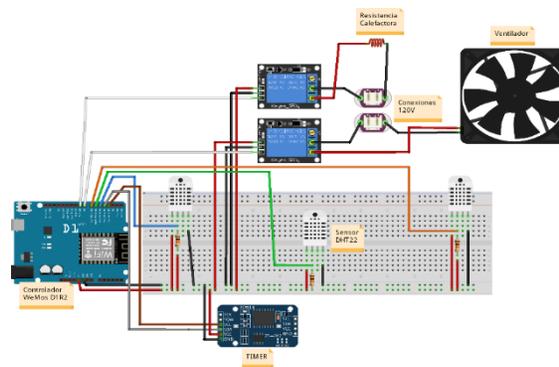


Fuente: [Elaboración propia]

Figura 3 Sistema de monitoreo y control de temperatura de incubadora de aves.

3. Resultados

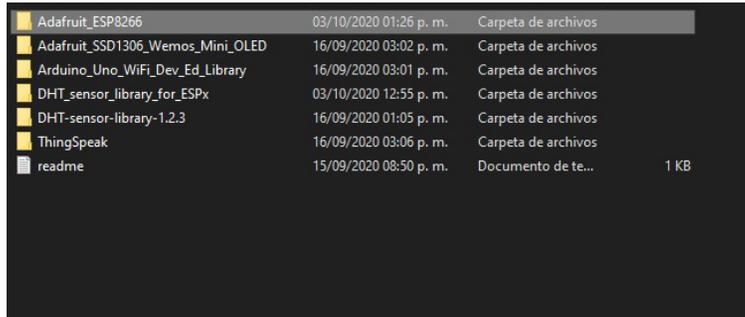
En la figura 4 se muestra el diagrama de conexión del sistema de control de temperatura (Fritzing).



Fuente [Elaboración propia]

Figura 4 Esquema de conexión gráfico para el control de temperatura (Fritzing).

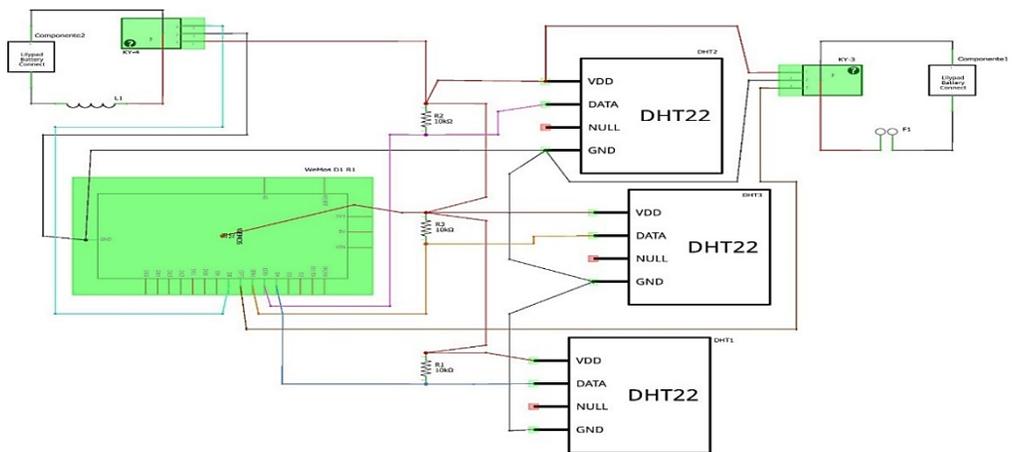
La codificación fue en el IDE de Arduino programando los PINES Digitales y análogos necesarios para cada componente y la declaración de las bibliotecas necesarias, mostradas en la figura 5.



Fuente [Elaboración propia]

Figura 5 Bibliotecas de Arduino.

Para mantener la temperatura estable dentro de la incubadora se tiene la participación de dos actuadores, el ventilador industrial para incubadora de huevos, manejando un voltaje 110/220 V con 50-60 Hz y una resistencia eléctrica de 120 V para calentar el aire, se utilizó un Módulo RELE 5 V (110/220 V ac) 10 A, en la figura 6 se muestra la configuración del circuito electrónico.

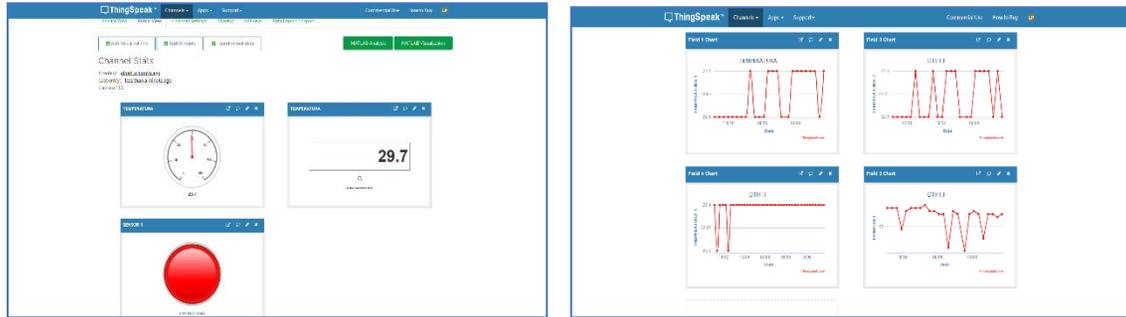


Fuente: [Elaboración propia]

Figura 6 Esquema del circuito del sistema de control de temperatura.

ThingSpeak es una plataforma de Internet de las cosas que permite recopilar y almacenar información de sensores en la nube y el desarrollo de aplicaciones IoT,

la cual se adaptó al código de Arduino para reflejar los resultados que presentan los sensores DHT22 y así mostrar la temperatura de manera gráfica en el navegador de internet o en la APP, reflejando por medio de un botón presentado por un rojo tenue, si todo está correcto y rojo intenso si existe alerta, mostrado en la figura 7.



a) Botón.

b) Gráfica.

Fuente: [Elaboración propia].

Figura 7 Pantalla reflejando la información Gráfica con ThingSpeak.

4. Discusión

El Internet de las cosas busca mejorar la calidad de vida de las personas conectando el mundo digital con el mundo real mediante dispositivos que producen datos y aún más adoptando un grado de inteligencia para la toma de decisiones. Estos dispositivos detectan flujos de datos, que a su vez pueden contener información de valor oculta, permitiendo el desarrollo de un sistema autónomo para la gestión de una incubadora de huevo de ave.

Si bien los parámetros específicos que se han utilizado en el sistema han sido en cierta medida aceptables y se cree que pueden mejorar en cuanto a rendimiento. Sin embargo, para que la aplicabilidad general de este modelo pueda ser liberada para producción se deben realizar más pruebas con diferentes condiciones con la finalidad de validar el beneficio del modelo.

Esta investigación encontró que el internet de las cosas es una tecnología que aportara grandes beneficios a los productores agrícolas. El modelo se evaluó utilizando datos en tiempo real, alcanzado una precisión del 95%, lo que sugiere que una decisión basada en dicho modelo puede tomar decisiones correctas el 95% del tiempo.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Alcaraz, M. (2014). Internet de las cosas. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, 2-3.
- [2] Benjamin, N., & Oye, N. D. (2012). Modification of the design of poultry incubator. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAEM)*, 1(4), 90-102.
- [3] Boleli, I. C., Morita, V. S., Matos Jr, J. B., Thimotheo, M., & Almeida, V. R. (2016). Poultry egg incubation: integrating and optimizing production efficiency. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18(SPE2), 1-16.
- [4] Bustamante, J. (2003). La gallina de Menorca (III): La incubación artificial: <http://www.cime.es/ca/ccca.htm>
- [5] Gómez Garrido, C. (2015). Diseño e implementación de un sistema de control centralizado para climatización (Bachelor's thesis).
- [6] Jeffrey, J. S., Gregory P. M., & Roy C. F. (2008). The incubation of ratite eggs. Texas A & W University System.
- [7] Nakage, E. S., Cardozo, J. P., Pereira, G. T., & Boleli, I. C. (2003). Effect of temperature on incubation period, embryonic mortality, hatch rate, egg water loss and partridge chick weight (*Rhynchotus rufescens*). *Brazilian Journal of Poultry Science*, 5(2), 131-135.
- [8] Oviedo-Rondón, E. O., Small, J., Wineland, M. J., Christensen, V. L., Mozdziak, P. S., Koci, M. D., & Mann, K. M. (2008). Broiler embryo bone development is influenced by incubator temperature, oxygen concentration and eggshell conductance at the plateau stage in oxygen consumption. *British Poultry Science*, 49(6), 666-676.
- [9] Sansomboonsuk, S., Phonhan, C., & Phonhan, G. (2011). Automatic Incubator. *Energy Research Journal*, 2(2), 51-56.