

#### Autoridades Utec

Lic. José Mauricio Loucel Funes  
Presidente

Dr. Carlos Reynaldo López Nuila  
Vicepresidente

Dr. Nelson Zárate  
Rector Utec

Dra. Noris Isabel López Guevara  
Vicerrectora de Investigación y Proyección Social

Dra. Camila Calles Minero  
Directora de Investigaciones

#### OTRAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Empleabilidad
- Educación
- Industria 4.0
- Salud mental
- Medio Ambiente

#### INVESTIGACIÓN EN BREVE

Es una colección de fascículos que resumen los resultados de las investigaciones realizadas por la Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social.

*No hay enseñanza sin investigación ni investigación sin enseñanza*  
Pablo Freire

**LO QUE HACES  
¡IMPORTA!**



[www.utec.edu.sv](http://www.utec.edu.sv)

Centro de llamadas: 2275-8888  
Maestrías: 2275-2700



IndicaRSE<sup>2</sup>  
ORGANIZACIÓN 1  
AUTOEVALUADA 5



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

Calle Arce y 19ª avenida Sur n.º 1045, edificio Dr. José Adolfo Araujo Romagoza.  
San Salvador, El Salvador, (503) 2275-1013 / 2275-1011

**Universidad Tecnológica  
de El Salvador**



**Universidad Tecnológica  
de El Salvador**



**n.º 57**

**ABRIL 2026**

**INVESTIGACIÓN EN BREVE**

Vicerrectoría de Investigación  
y Proyección Social



## Sistema inteligente de control de ambiente en granjas avícolas

**Omar Otoniel Flores Cortez**

Dirección de Investigaciones – UTEC

omar.flores@utec.edu.sv

<https://orcid.org/0000-0003-1754-4090>



# Sistema inteligente de control de ambiente en granjas avícolas

### Resumen

Este trabajo presenta un sistema de control y monitorización ambiental basado en Internet de las Cosas (IoT) y de bajo coste para la producción de pollos de engorde a pequeña escala en entornos tropicales. Combina la adquisición de datos multisensorial, el control autónomo periférico y la supervisión en la nube para permitir una monitorización continua y una ventilación reactiva con una dependencia mínima de una la conectividad de red estable. Los resultados demuestran el potencial de los sistemas IoT para mejorar la eficiencia operativa y el control de la ventilación en pequeñas granjas avícolas.

### Introducción

En los países en desarrollo, la gestión medioambiental inadecuada, especialmente en lo que respecta a la regulación térmica y la calidad del aire, limita significativamente la producción de pollos de engorde. Las regiones tropicales se enfrentan a retos como las altas temperaturas ambientales, la humedad y los gases nocivos (como el amoníaco y el dióxido de carbono) que pueden afectar negativamente al bienestar de los animales, elevar las tasas de mortalidad y reducir la eficiencia de la producción. Estos problemas son más graves en las granjas avícolas de pequeña y mediana escala, donde los controles medioambientales suelen ser manuales o utilizan equipos básicos, lo que provoca retrasos en la respuesta a situaciones críticas y una mayor variabilidad en los resultados de la producción.

Para hacer frente a estos retos, este estudio presenta un sistema de control y monitorización medioambiental asequible, basado en IoT y adaptado a la producción de pollos de engorde en climas tropicales. El sistema incorpora varios sensores ambientales y de gases emparejados con un nodo periférico basado en ESP32, que gestiona de forma autónoma la ventilación utilizando una lógica basada en umbrales con histéresis. Este diseño garantiza un funcionamiento continuo durante las interrupciones de la red. Además, una plataforma en la nube permite el almacenamiento de datos, la visualización y el control de supervisión, lo que permite la supervisión, lo que facilita la configuración remota al tiempo que se preserva la autonomía operativa local. Esta propuesta tecnológica tiene como objetivo mejorar el bienestar animal y la eficiencia de la producción en entornos difíciles.

### Metodología

El sistema propuesto cuenta con una arquitectura IoT en capas: detección, procesamiento, comunicación y actuación. Los datos ambientales son recopilados por la capa de sensores y procesados localmente mediante un nodo periférico basado en ESP32, que compara las lecturas de los sensores con los valores umbral predefinidos para las etapas de crecimiento de los pollos de engorde. Cuando se producen desviaciones, la lógica de control activa el

sistema de ventilación a través de módulos de relé, lo que garantiza un funcionamiento continuo incluso durante los cortes de red. Al mismo tiempo, los datos agregados de los sensores se envían a una plataforma en la nube para su almacenamiento y control de supervisión.

La selección de los sensores priorizó la asequibilidad y la idoneidad para entornos agrícolas con alta humedad y polvo. Entre los componentes clave se incluyen el sensor digital de temperatura y humedad AHT21 (por su bajo consumo de energía) y dos sensores de gas económicos: el MICS6814 para amoníaco (NH<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y el ENS160 para la detección de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC). Estos sensores proporcionan lecturas indicativas en lugar de mediciones absolutas, ya que no se realizó una calibración de laboratorio.

La ventilación se ejecuta mediante ventiladores de pedestal alimentados por 110 V CA, que se integran fácilmente en pequeños gallineros, con un accionamiento controlado por la unidad de microcontrolador (MCU) ESP32 a través de módulos de relé. La comunicación entre el nodo periférico y la nube utiliza el protocolo MQTT, con la plataforma ThingsBoard como intermediario. Las lecturas de los sensores se muestrean cada 5 segundos y se promedian cada 10 minutos para su transmisión, con un ajuste temporal a intervalos de 1 minuto durante cambios ambientales rápidos.

### Resultados

El sistema se instaló en un galpón de 10 m<sup>2</sup> en el valle de Zapotitán (La Libertad, El Salvador). Esta ubicación fue seleccionada por sus condiciones climáticas extremas, las cuales exigen una respuesta de ventilación automatizada para garantizar la supervivencia avícola. Durante una prueba de cinco semanas con 200 pollos *Arbor Acres*, dos nodos IoT monitorizaron las condiciones ambientales a 40 cm sobre el suelo. El sistema registró una temperatura media de 29,4 °C, una humedad media del 68 % y una concentración media de NH<sub>3</sub> de 15 ppm.

El sistema de control diseñado activó la ventilación en 48 ocasiones, en respuesta al sobrecalentamiento (58 %), la acumulación de NH<sub>3</sub> (32 %) y la alta humedad (10 %). Un análisis correlacional reveló una relación inversa significativa entre la concentración de NH<sub>3</sub> y el peso medio de las aves ( $r = -0,81$ ), con una correlación positiva entre la frecuencia de ventilación y el aumento de peso ( $r = 0,74$ ). Las semanas con mejor estabilidad térmica registraron tasas de mortalidad un 66 % más bajas en comparación con el ciclo anterior. En general, el sistema logró un aumento del 10 % en el peso final, una reducción del 12 % en el consumo de pienso por kilogramo y mantuvo una disponibilidad operativa del 99,2 %, en comparación al ciclo sin el sistema inteligente de control.

### Conclusiones

El sistema inteligente de control ambiental multivariable basado en tecnología IoT demostró la viabilidad de la automatización en zonas rurales de El Salvador. Desde el punto de vista tecnológico, el sistema alcanzó una disponibilidad operativa superior al 99 %, con computación periférica (*edge computing*) que garantizaba el control ambiental durante las interrupciones de la conectividad.

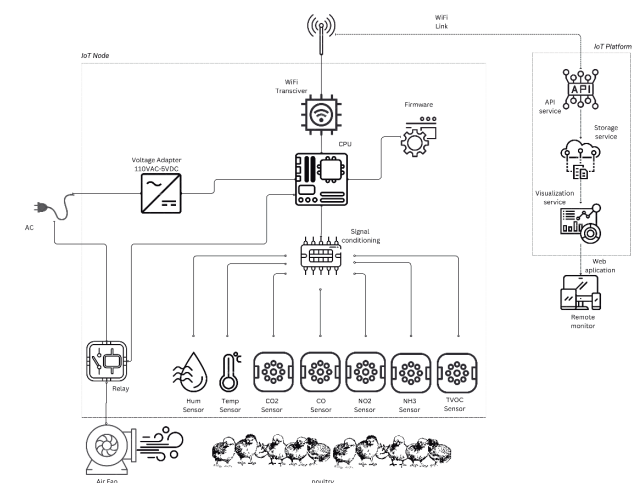


Figura 1. Arquitectura funcional del sistema diseñado

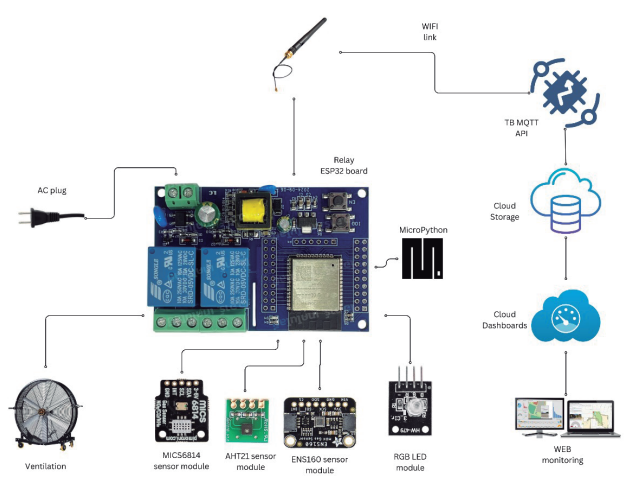


Figura 2. Arquitectura operativa del sistema diseñado

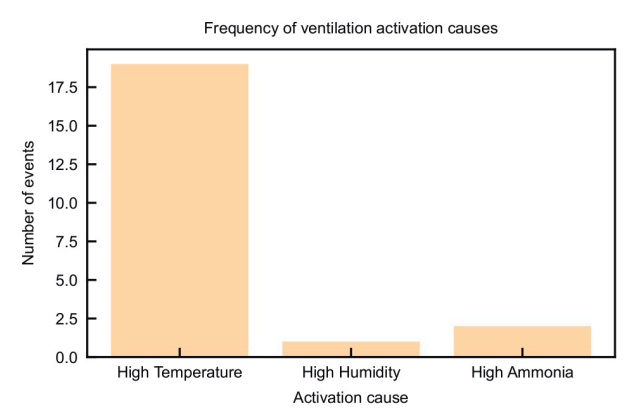


Figura 4. Diagrama de causas de activación de la ventilación automática

Desde la perspectiva productiva, el sistema mantuvo condiciones óptimas de temperatura, humedad y concentración de amoníaco, lo que mejoró el confort animal. Esta estabilidad se tradujo en una reducción del 66 % de la mortalidad avícola y un aumento del 10 % del peso final medio en comparación con los ciclos de manejo tradicional. Los esfuerzos futuros se centrarán en escalar el sistema a múltiples granjas y desarrollar algoritmos de control inteligente para optimizar la gestión energética.

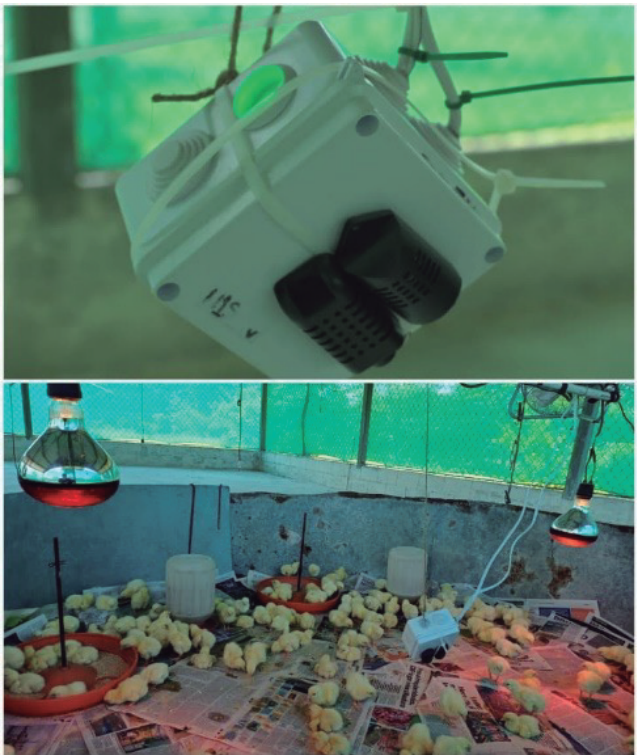


Figura 3. Implementación del sistema en el galpón de la prueba piloto

|                  |      |       |       |       |       |            |                  |           |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------|-----------|
| TEMP             | 1.00 | 0.03  | 0.39  | 0.51  | 0.77  | 0.16       | 0.19             | 0.31      |
| HUM              | 0.03 | 1.00  | -0.66 | -0.70 | -0.61 | 0.93       | 0.92             | -0.19     |
| NH3              | 0.39 | -0.66 | 1.00  | 0.98  | 0.67  | -0.43      | -0.51            | 0.15      |
| ECO2             | 0.51 | -0.70 | 0.98  | 1.00  | 0.81  | -0.47      | -0.52            | 0.26      |
| VOC              | 0.77 | -0.61 | 0.67  | 0.81  | 1.00  | -0.48      | -0.43            | 0.40      |
| Avg_Weight       | 0.16 | 0.93  | -0.43 | -0.47 | -0.48 | 1.00       | 0.98             | 0.09      |
| Feed_Consumption | 0.19 | 0.92  | -0.51 | -0.52 | -0.43 | 0.98       | 1.00             | 0.18      |
| Mortality        | 0.31 | -0.19 | 0.15  | 0.26  | 0.40  | 0.09       | 0.18             | 1.00      |
|                  | TEMP | HUM   | NH3   | ECO2  | VOC   | Avg_Weight | Feed_Consumption | Mortality |

Figura 5. Matriz de correlación de las variables del sistema