

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO INTELIGENTE  
CON IoT EN GRANJA AVÍCOLA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**JORGE ENRIQUE PÉREZ CLEMENTE**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

Analyzed document	TSP JORGE PEREZ ANTIPLAGIO.pdf (D158286612)
Submitted	2/9/2023 10:20:00 PM
Submitted by	NICEAS CARLOS VILCHEZ PERALES
Submitter email	cvilchezp@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	<b>1%</b>
Analysis address	cvilchezp.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7146564/">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7146564/</a> Fetched: 11/23/2020 11:28:35 AM	 <b>1</b>
<b>SA</b>	<b>1597809599_632__TLMG1035-TSC-Proyecto2020-1-Aizaga-Coello-Neira2.pptx</b> Document 1597809599_632__TLMG1035-TSC-Proyecto2020-1-Aizaga-Coello-Neira2.pptx (D78810348)	 <b>1</b>

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE ZOOTECNIA "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO INTELIGENTE CON IoT EN GRANJA AVÍCOLA" Trabajo de suficiencia profesional para optar título de: INGENIERO ZOOTECNISTA JORGE ENRIQUE PÉREZ CLEMENTE Lima - Perú 2022  
TITULO "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO INTELIGENTE CON IoT EN GRANJA AVÍCOLA"  
DEDICATORIA A mi familia por el apoyo incondicional y por impulsarme a pesar de las adversidades.  
AGRADECIMIENTO A mi asesor Ph. D. Carlos Vilchez Perales que no dudo en acompañarme y darme soporte en este trabajo. A la Facultad de Zootecnia y a mi alma mater la Universidad Nacional Agraria La Molina por grandes momentos y enseñanzas.

ÍNDICE GENERAL RESUMEN ..... 1 ABSTRACT  
..... 2 I.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO INTELIGENTE  
CON IoT EN GRANJA AVÍCOLA”**

**Presentado por:**

**JORGE ENRIQUE PÉREZ CLEMENTE**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez  
PRESIDENTE

Mg.Sc. Raúl Tácuna Céspedes  
MIEMBRO

Mg.Sc. José Luis Cántaro Segura  
MIEMBRO

Ph.D. Carlos Vílchez Perales  
ASESOR

**LIMA – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A mi familia por el apoyo incondicional  
y por impulsarme a pesar de  
las adversidades.

## **AGRADECIMIENTO**

- A mi asesor Ph. D. Carlos Vílchez Perales que no dudo en acompañarme y darme soporte en este trabajo.
- A la Facultad de Zootecnia y a mi alma mater la Universidad Nacional Agraria La Molina por grandes momentos y enseñanzas.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEMÁTICA .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. GENERALIDADES .....	4
2.2. MONITOREO INTELIGENTE .....	4
2.3. MONITOREO INTELIGENTE DE GRANJA AVÍCOLA .....	6
2.3.1. Temperatura y humedad ambiental.....	6
2.3.2. Peso .....	8
2.3.3. Calidad de agua.....	9
2.4. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN .....	11
2.4.1. Red de área de amplia de baja potencia (LPWAN) .....	14
2.4.2. Wi-Fi.....	14
2.4.3. Bluetooth.....	14
2.4.4. Zigbee .....	15
2.5. INTERNET OF THINGS .....	16
2.5.1. Arquitectura de IoT.....	16
<b>III. DESARROLLO DEL TRABAJO .....</b>	<b>17</b>
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN Y DURACIÓN .....	17
3.2. INSTALACIONES Y EQUIPOS .....	17
3.2.1. Instalaciones.....	17
3.2.2. Equipos .....	18
3.3. ANIMALES.....	18
3.4. DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS .....	18
3.4.1. Equipos de medición.....	18
3.4.2. Equipos de recepción de datos.....	19

3.5. PROCEDIMIENTO.....	19
3.6. VARIABLES.....	21
3.6.1. pH del agua.....	21
3.6.2. Temperatura del agua.....	22
3.6.3. Temperatura y humedad del ambiente.....	22
3.6.4. Peso vivo.....	23
3.7. VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	23
3.8. CÁLCULO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT.....	23
3.8.1. Costo total de equipos.....	23
3.8.2. Costo de mano de obra y costos indirectos.....	24
3.8.3. Costo de plataforma web.....	25
3.8.4. Imprevistos.....	25
3.9. POTENCIAL A FUTURO Y LIMITACIONES.....	25
3.9.1. Potencial a futuro.....	25
3.9.2. Limitaciones.....	26
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>27</b>
4.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....	27
4.1.1. Conversión alimenticia.....	27
4.1.2. Peso vivo.....	27
4.2. PH DEL AGUA.....	29
4.3. TEMPERATURA DEL AGUA.....	30
4.4. TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AMBIENTE.....	31
4.5. COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	32
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>37</b>
<b>VIII. ANEXO.....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Número</b>	<b>Página</b>
Tabla 1: Recientes herramientas de monitoreo avícola hacia un sistema (PLF) .....	5
Tabla 2: Parámetros de temperatura y humedad para pollos de la semana 1 a la 7 .....	7
Tabla 3: Comparación de sensor de temperatura.....	8
Tabla 4: Factores que influyen en la calidad de agua y la producción de aves .....	11
Tabla 5: Comparación de tres métodos de transmisión inalámbricos comunes.....	12
Tabla 6: Red de sensores inalámbricos.....	13
Tabla 7: Equipos instalados.....	18
Tabla 8: Precio de quipos .....	24
Tabla 9: Costo de mano de obra .....	24
Tabla 10: Plan de desarrollo a corto y largo plazo de cada generación de Ganadería inteligente (PLF) .....	26
Tabla 11: Respuesta productiva de pollos Ross 308 .....	28
Tabla 12: Costos de implementación de galpones.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Página
Figura 1: Diagrama de zona termo neutral (DEFRA, 2005) .....	6
Figura 2: Diseño del flujo del sistema. (Cuí et al., 2019).....	9
Figura 3: Diagrama de monitoreo de calidad de agua (Lakshmikantha et al., 2021).....	10
Figura 4: Diagrama del sistema de monitoreo de agua (Pasika y Gandla, 2020).....	10
Figura 5: Comparación de velocidad de datos, consumo de energía, y gama (Naik, 2018)	12
Figura 6: Modelo de detección y monitoreo en granja (Phiri y Phiri, 2018).....	13
Figura 7: Diagrama de flujo del sistema (Firdaus et al., 2019) .....	15
Figura 8: Distribución de equipos en el galpón .....	19
Figura 9: Equipo completo de envío de información .....	20
Figura 10: Nodo de pH .....	21
Figura 11: Sensor de pH .....	21
Figura 12: Nodo de temperatura de agua.....	22
Figura 13: Sensor de temperatura y humedad .....	22
Figura 14: Bascula de peso.....	23
Figura 15: Grafica de peso promedio por día plataforma Ubidots .....	28
Figura 16: Comparativa de peso según manual de la línea genética Ross 308 Ubidots.....	29
Figura 17: Nivel de pH por día plataforma Ubidots .....	29
Figura 18: Comportamiento de la temperatura del agua en grados Celsius .....	30
Figura 19: Comportamiento de la temperatura del agua por horario vs día .....	30
Figura 20: Comportamiento de la temperatura en 35 días por horarios .....	31
Figura 21: Comportamiento de la humedad en 35 días por horarios.....	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

Número	Página
ANEXO 2: GUÍA DE RENDIMIENTO HEMBRAS ROSS 308.....	47

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el sistema de monitoreo inteligente basado en Internet de las cosas (IoT) dentro del proceso de crianza de pollos de carne de la línea Ross 308. Se utilizó este sistema que funciona enviando información sobre el estado de la calidad en los niveles de temperatura, humedad, peso, pH, y temperatura de agua. Al proporcionar la información de estos valores en tiempo real, y dentro del proceso productivo, nos permitió gestionar la toma de acciones de manera más rápida. Este sistema utilizó nodos con sensores específicos, para luego interconectarse a través de Redes de área amplia de baja potencia (LP-WAN) – Largo alcance (LoRa), y enviar la información a un Gateway, que subió la información a la nube con una señal de internet. La plataforma *Ubidots*, fue la que nos permitió almacenar, procesar, y visualizar los datos de toda la etapa de crianza desde la llegada, hasta los 35 días de edad. Los resultados mostraron, que el control de variables que intervienen en el desarrollo óptimo llevaron a una mejor ganancia de peso, y un mayor peso final. Se concluye que el sistema de monitoreo inteligente puede destacar como una solución basada en tecnología, y a través de un sistema integrado pueda crear estrategias, respuestas inmediatas, y control de variables importantes en toda la etapa de crianza de pollos de carne.

**Palabras clave:** *Internet of Things (IoT)*, LPWAN - LoRa, Ubidots, nube, Gateway, Ross

## **ABSTRACT**

The objective of the present study was to evaluate the intelligent monitoring system based on the Internet of Things (IoT) within the broiler rearing process of the Ross 308 line. This system was used, which works by sending information on the quality status in temperature, humidity, weight, pH, and water temperature levels. By providing information on these values in real time, and within the production process, it allowed us to manage the taking of actions more quickly. This system used nodes with specific sensors, to later interconnect through Low Power Wide Area Networks (LP-WAN) - Long Range (LoRa), and send the information to a Gateway, which uploaded the information to the cloud with a signal of Internet. The Ubidots platform was the one that allowed us to store, process, and visualize the data of the entire aging stage from arrival to 35 days of age. The results showed that the control of variables that intervene in the optimal development led to a better weight gain, and a higher final weight. It is concluded that the intelligent monitoring system can stand out as a solution based on technology, and through an integrated system it can create strategies, immediate responses, and control of important variables throughout the broiler rearing stage.

**Keywords:** *Internet of Things* (IoT), LPWAN - LoRa, Ubidots, cloud, Gateway, Ross.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. PROBLEMÁTICA

La industria avícola se ha convertido en una de las más importantes a nivel mundial. Anualmente se crían alrededor de 50 mil millones de aves para producción de carne, y huevo en todo el mundo (Kufre *et al.*, 2021). Se estima que para el año 2050 la demanda de carne será de 181 M de toneladas, en comparación de los 81 millones de toneladas que eran en el 2005, y los huevos de gallina incrementarán de 62 millones de toneladas a 102 millones de toneladas (Smith *et al.*, 2015; Jake *et al.*, 2020). Si bien en los últimos años esta se ha visto afectada gravemente por la pandemia, ocasionando una caída en la producción del 2 por ciento, y una reducción del 1 por ciento en el comercio de pollo a nivel mundial (Wahhed, 2021), se pudo mantener mediante el uso de técnicas de manejo en la producción, alternativas de materia prima en la alimentación, y tecnología moderna para la automatización.

En el Perú esta industria se ha convertido en una de las principales proveedoras de proteína animal (Gutiérrez, 2019), y debido a esta gran demanda las empresas han buscado perfeccionarse mediante técnicas modernas, y tecnologías de gestión inteligente tales como Ganadería de precisión (PLF) relacionado con la recopilación y uso de datos generados en granja (Jake *et al.*, 2020). Sufriendo así varios cambios los pilares fundamentales de la crianza: la genética, el manejo, la sanidad, y la nutrición. En este sentido prestar atención a los diferentes factores que influyen directamente con el desarrollo óptimo, los ha llevado hacia un monitoreo más preciso, y constante (Wicaksono *et al.*, 2017). La salud avícola es importante para el crecimiento continuo, y productivo. Las condiciones ambientales son determinantes en este proceso, el cual presenta un reto para los criadores, pues al final se ven reflejados en mortalidad, lotes enfermos, o poca ganancia de peso (Hitimana *et al.*, 2018; Beston, 2019).

La tecnología Internet de las cosas (IoT), tiene un marcado impacto en sectores como la salud, la agricultura, los hogares inteligentes, y otros. Esta permite que simultáneamente funcionen sensores, dispositivos de comunicación, y procesadores de información (Namanu *et al.*, 2021), los cuales recopilan voluminosos datos desde cualquier lugar, y en cualquier momento con el uso de diferentes sensores desplegados en diferentes nodos (Noridayu y Abdul, 2019). Una solución potencial para el monitoreo remoto e inteligente de las condiciones ambientales de las aves, las cuales influyen directamente con la salud, el crecimiento, y las tasas. Esto les permite tomar acciones rápidas con información importante a tiempo real desde una plataforma, o desde una aplicación de teléfono inteligente (Junho *et al.*, 2014; Lata *et al.*, 2016; Beston, 2019; Mohammed *et al.*, 2018; Noridayu y Abdul., 2019; Ari *et al.*, 2019; Alexis, 2020).

La Red de área amplia de baja potencia (LPWAN), es la familia de tecnologías creada para la realización de *Internet of Things* (IoT). La mayoría de las redes (LPWAN) operan en bandas ISM (Industrial, Científico y Médico) sin licencias como 169, 433, 868/915 MHz, y 2,4 GHz. Se compone de tecnologías como LoRa, SigFox, Weightless, y Narrow Band IoT (Ikpehai *et al.*, 2019). Sin embargo, Largo alcance (LoRa) tiene alta inmunidad al ruido, y capacidad de transmitir datos a larga distancia mientras se usa un espectro sin licencia, el cual la hace una solución rentable al construir sistemas Internet de las cosas (IoT). (Georgiou y Raza, 2017; Beston, 2019).

Los diferentes desafíos a los cuales se enfrenta el sector avícola en la actualidad, se está viendo forzada a la implementación de soluciones tecnológicas, que permitan mayores beneficios mediante la introducción de dispositivos que compartan, recopilen, y procesen datos de manera rápida y transparente, para la toma de decisiones descentralizada (Li *et al.*, 2015; Astill *et al.*, 2020; Nikolajs *et al.*, 2022). Por lo tanto, el sistema de gestión avícola inteligente (*The Smart Poultry Managment System*) es muy importante en la avicultura moderna, y es necesario impulsar el desarrollo tecnológico en el sector avícola peruano mediante la tecnología de Internet de las cosas (IoT), con el enfoque de automatizar la recopilación de datos utilizando sensores apropiados.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el sistema de monitoreo remoto en granja de pollos de carne, a través de la tecnología LoRa con Internet de las cosas (IoT).

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Descripción sobre el potencial de la tecnología LoRa con Internet de las cosas (IoT) en el monitoreo productivo de pollos de carne de la línea Ross 308.
- Calcular el coste de implementación de un sistema Internet de las cosas (IoT).

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. GENERALIDADES**

En la actualidad la tecnología moderna permite incluir sistemas de monitoreo inteligente en la cría de aves de producción, siendo determinantes en el desarrollo óptimo de las mismas. El propósito de estas, es la capacidad de seguimiento en tiempo real de variables como temperatura, humedad, y peso promedio. Una plataforma Internet de las cosas (IoT), ayuda al acompañamiento de actividades, que permitan tomar decisiones, y crear un entorno propicio para el crecimiento adecuado de las aves (Alí *et al.*, 2020). El máximo beneficio con mínimas inversiones en la industria avícola inteligente, se debe a la planificación, y a la adaptación en el dinamismo de requerimientos del ave en toda su etapa de crecimiento (Bose *et al.*, 2022). Los sistemas de comunicación inalámbrica usados actualmente en la industria avícola como Bluetooth, Servicio general de relación de paquetes (GPRS), y Sistemas globales de comunicación móvil (GSM) junto con Internet de las cosas (IoT), han permitido reducir las pérdidas en producción de carne, y huevos, pero estas tecnologías pueden no ser suficientes en distancias largas; por lo que se trabaja un sistema bio variable ambiental de largo alcance, y bajo costo utilizando la tecnología Redes de área amplia de baja potencia (LP-WAN) - Rancho Largo (LoRa) (Chiluisa *et al.*, 2020). Por lo tanto, las empresas avícolas modernas necesitan un sistema de gestión completo, que les ayude a gestionar las actividades diarias de producción con capacidad de análisis en Big data, y respuesta inmediata (Zheng *et al.*, 2021).

### **2.2. MONITOREO INTELIGENTE**

La Ganadería de precisión (PLF), o Agricultura de sistemas inteligentes que se describe como la recopilación de datos en el entorno de animales mediante el uso de sensores específicos (Mollo *et al.*, 2009); La evaluación de los datos mediante modelos informáticos tiene como objetivo proporcionar la información para luego ser utilizados en la

optimización, y rendimiento general de los animales, o sistemas de cultivo (Corkery *et al.*, 2013). La mayor parte del desarrollo temprano de la Ganadería de precisión (PLF) ha tenido lugar en toda la Unión Europea, y que a lo largo del tiempo se han ido sumando sistemas de desarrollo, técnicas de monitoreo usados en la Ganadería de precisión (PLF) (tabla1). Si bien aún se considera una tecnología nueva en la comunidad agrícola por su demanda de técnicas económicas, y normativas asociadas a la industria se ha logrado adaptar estos sistemas, y mantener la sostenibilidad, y rentabilidad a futuro (Wathes, 2007).

**Tabla 1: Recientes herramientas de monitoreo avícola hacia un sistema (PLF)**

<b>Referencia</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción del sistema</b>
Barbosa F., <i>et al.</i>	2008	Análisis de imágenes para la evaluación del bienestar de gallinas ponedoras en diferentes sistemas de crianza y condiciones ambientales.
Cugnasca C., <i>et al.</i>	2008	Comparación de sensores inalámbricos con registradores de datos estándar en instalaciones para animales.
De Moura D., <i>et al.</i>	2008	Desarrollo de una relación entre el confort térmico y el rendimiento de los pollitos mediante el análisis de ruido.
Edgar J., <i>et al.</i>	2009	Márgenes térmicas para evaluar el sufrimiento en pollos.
Okada H., <i>et al.</i>	2010	Sistema de vigilancia de influenza aviar para aves de corral mediante sensores inalámbricos.
Dong and Zhang	2010	Monitoreo de temperatura, humedad, CO2 y luz usando redes de sensores inalámbricos en granjas avícolas.
Mullah M., <i>et al.</i>	2010	Análisis de imágenes digitales para estimar el peso vivo de pollos de engorde.
Yanagi T., <i>et al.</i>	2011	Desarrollo de un nuevo protocolo para estimar el área de superficie de pollos de engorde utilizando enfoques ópticos
Cordeiro M., <i>et al.</i>	2011	Análisis de imágenes para evaluar el comportamiento de pollitos jóvenes.
Ferreira V., <i>et al.</i>	2011	Termografía infrarroja para la evaluación de la pérdida de calor en pollos.

FUENTE: Corkery *et al.*, 2013

## 2.3. MONITOREO INTELIGENTE DE GRANJA AVÍCOLA

Al diseñar un ambiente de confort para los diferentes sistemas de producción, se debe tener conocimiento sobre la interacción entre los distintos factores que pueden influir en el bienestar animal, y reflejar bajos rendimientos (Estrada y Márquez, 2005).

### 2.3.1. Temperatura y humedad ambiental

La temperatura de los pollitos es variable según la edad (tabla1), y se puede observar el comportamiento cuando se encuentran dentro, o fuera de aquellos parámetros. El control de estos valores es importante, pues podría traer como resultado animales enfermos, o alta mortalidad (figura1). Por otro lado, los valores de humedad relativa (tabla1), por encima puede ocasionar cama mojada, y valores por debajo jadeo excesivo (Idowu et al, 2021). Es importante el seguimiento de estos valores por su impacto en el bienestar de los pollos en particular para poblaciones altas, por lo que se recomienda la ubicación de varios sensores en distintos lugares (Corkery et al, 2013).

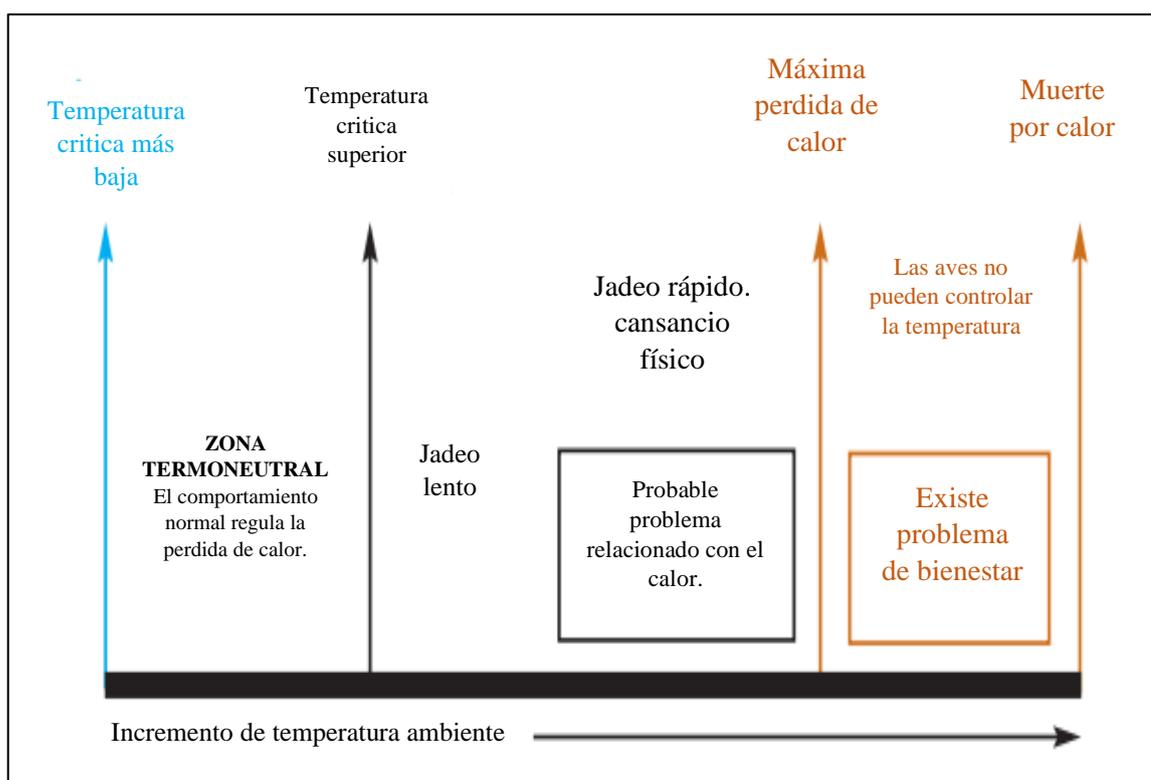


Figura 1: Diagrama de zona termo neutral (DEFRA, 2005)

**Tabla 2: Parámetros de temperatura y humedad para pollos de la semana 1 a la 7**

<b>Variable</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Semana</b>
<b>Temperatura</b>	32°C a 34°C	1 – 2
	26°C a 30°C	3 – 4
	18°C a 24°C	5 – 7
<b>Humedad</b>	50 % a 70%	1 – 7

FUENTE: Chiluisa *et al.*, 2018

El sensor específico para este tipo de medición se determina a partir de muchas variables como la detección de rango, precisión, y precio (Ahmad *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2020), las cuales se conectan de forma inalámbrica, y colocándose en un área determinada, para proporcionar la información en tiempo real para ser utilizada en la toma de decisiones (Saputra *et al.*, 2020).

**a. DHT22**

Es un sensor de temperatura y humedad digital, que utiliza un sensor capacitivo, y un termistor para medir el aire circundante. Con una precisión  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , con un rango de humedad relativa de 0 a 100 por ciento, el tiempo entre lecturas es de 2 segundos.

**b. DHT11**

Es un sensor de temperatura y humedad digital, con un conversor de 16 bits integrado, constituido por dos sensores resistivos (NTC y humedad). Con un rango de humedad relativa entre 10 y 80 por ciento.

**c. SHT71**

Es un sensor de temperatura y humedad de sensirion TM, en un revestimiento de malla de metal sinterizado, el cual lo mantiene alejado el agua del sensor. Con una precisión de humedad de 4.5 por ciento, y en temperatura de 0.5 por ciento.

**Tabla 3: Comparación de sensor de temperatura**

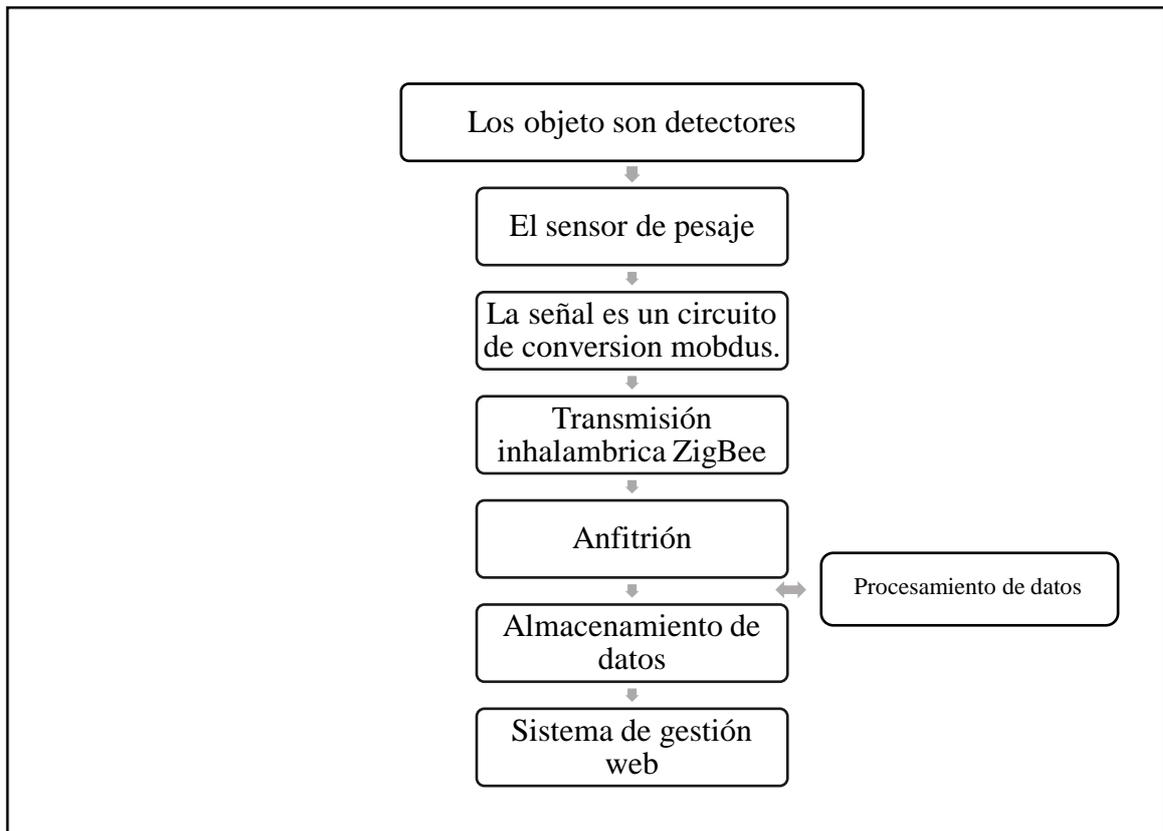
Parámetro	Sensor de temperatura		
	DHT22	DHT11	SHT71
Rango de humedad	0 – 100 %	20 – 80 %	0 – 100%
Rango de temperatura	40° - 80°C	0° - 50°C	40° - 123°C
Precisión	±0.5°C	±2°C	±3°C
Precio por unidad	USD \$ 4 - 10	USD \$ 1 - 5	USD \$ 30 - 50

FUENTE: Ahmad *et al.*, 2021

### 2.3.2. Peso

El peso es un índice importante para la salud del pollo de engorde durante su etapa de crianza, y considerándose una métrica clave para evaluar la eficiencia en el proceso de crianza del pollo de engorde (Mollah *et al.* 2010). Los pollos de engorde se pesan tradicionalmente en una báscula de acero, o plataforma, lo que requiere mucho tiempo, y mano de obra intensiva (Qifeng *et al.*, 2021).

En los últimos años se ha desarrollado el sistema de pesaje inteligente, que se aplica principalmente en tres campos. La primera categoría en el campo de la circulación tales como minas, supermercados, etc, la segunda categoría en la producción industrial como plantas químicas, alimenticias donde necesitan mezclar diferentes ingredientes, y la tercera categoría en el nivel de gestión de empresas, donde el sistema de pesaje inteligente se ejecuta para la adquisición de materias primas (Cui *et al.*, 2019), El sistema de pesaje que utiliza transmisión inalámbrica, permite recopilar datos precisos desde una estación en un intervalo de cada 15 segundos, los cuales son compartidas a través de la nube, y utilizados para detectar cualquier discrepancia o variación (Lee *et al.*, 2019).



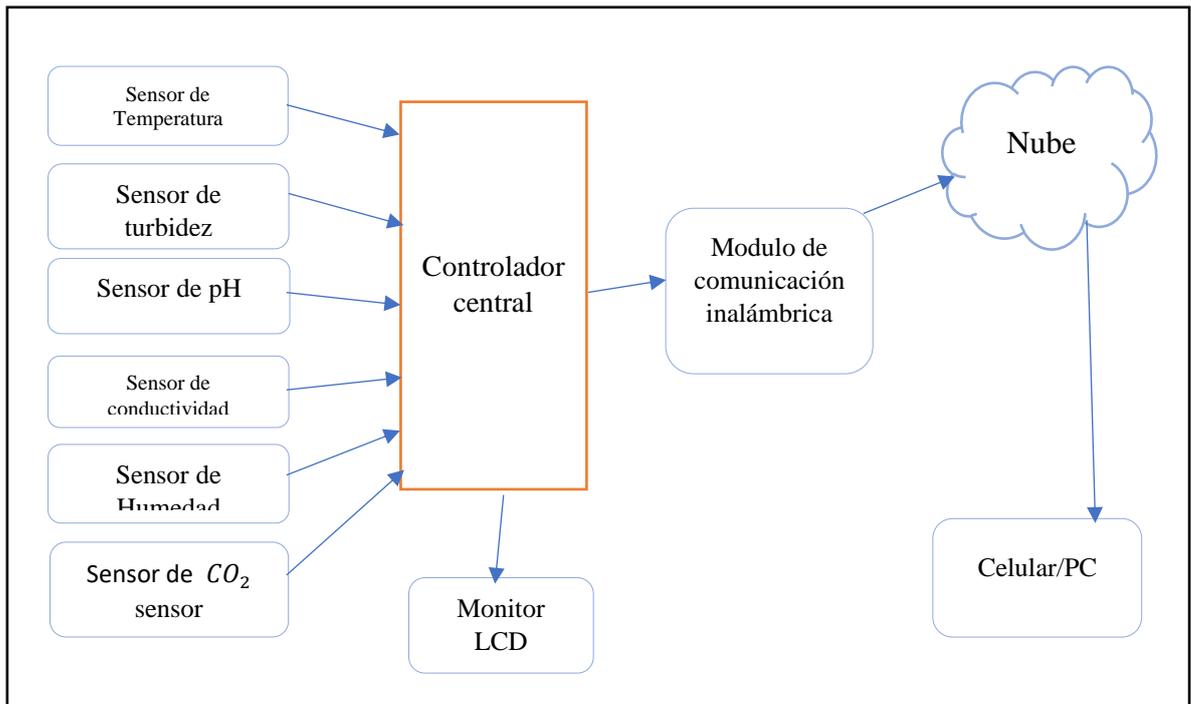
**Figura 2: Diseño del flujo del sistema. (Cuí et al., 2019)**

### 2.3.3. Calidad de agua

#### d. pH

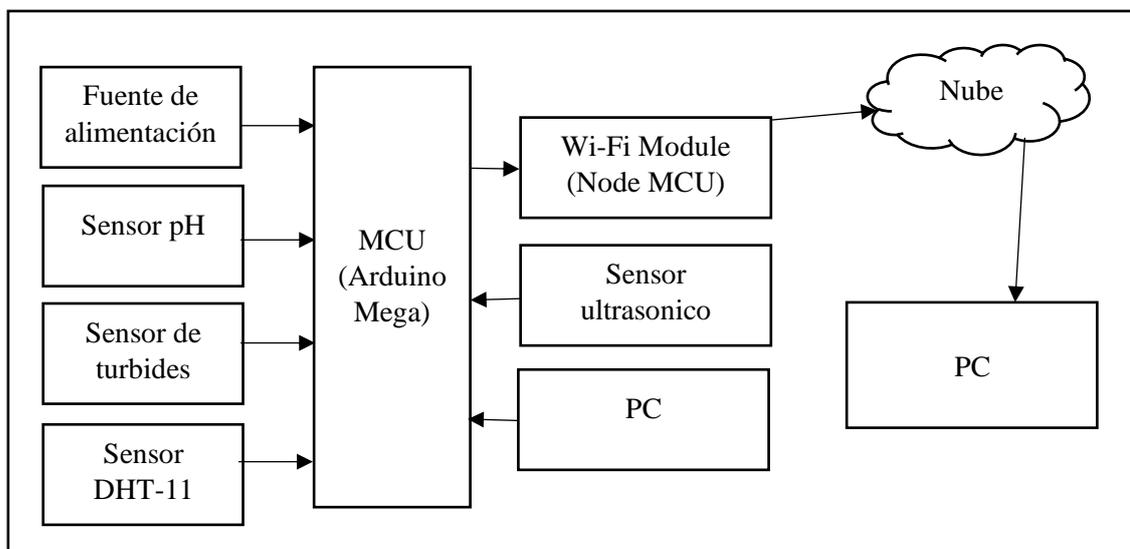
El valor de pH se puede definir como la relación de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) a la relación de iones de hidroxilo ( $OH^-$ ), en caso de que ( $H^+$ ) sea mayor que ( $OH^-$ ), entonces el pH será inferior a 7 lo que significa que es un material ácido, pero si ( $H^+$ ) es menor que ( $OH^-$ ), el pH será más de 7, y el material es alcalino, pero si ( $H^+$ ) es igual a ( $OH^-$ ), la medida del pH es igual a 7, y el material es neutro. (Jalil *et al.*, 2019).

El sensor de pH es un instrumento para medir la acidez o alcalinidad del agua, en una escala de medición que oscila entre cero, y catorce (Cloete, *et al.*, 2014).



**Figura 3: Diagrama de monitoreo de calidad de agua (Lakshmikantha et al., 2021)**

Los valores del sensor son procesados por un convertidor analógico digital (ADC), para luego ser cargado a la nube, en donde se comunicará con el usuario final para verificar el umbral en el que se encuentra el agua (Lakshmikantha *et al.*, 2021).



**Figura 4: Diagrama del sistema de monitoreo de agua (Pasika y Gandla, 2020)**

### e. Temperatura del agua

La temperatura del agua es un atributo físico común de la calidad de agua. La temperatura correcta para las aves es entre diez, quince grados Celsius, si la temperatura es superior a 30 grados Celsius se reducirá el consumo de agua, pero cuando la temperatura supera los 44 grados Celsius se negarán a tomarla (Tabla 4) (Nagarathna *et al.*, 2019).

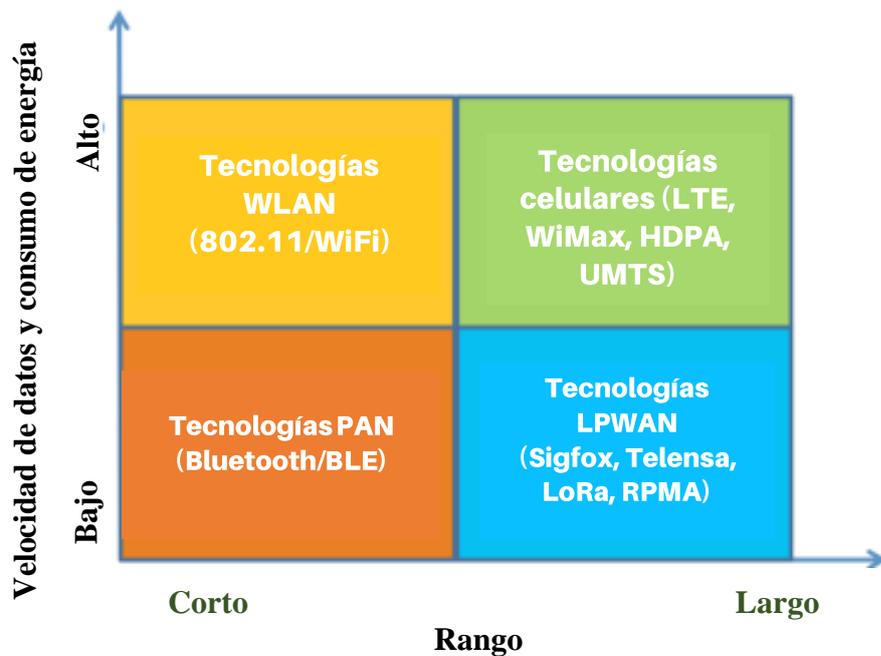
**Tabla 4: Factores que influyen en la calidad de agua y la producción de aves**

<b>Factor</b>	<b>Nivel medio</b>	<b>Nivel máximo aceptable</b>	<b>Observaciones</b>
pH	6.8 – 7.5	-	No se recomienda pH<6, disminuye el rendimiento de las aves.
Turbidez	1< NTU	1 – 5 NTU	Nipples sucios, boquillas obstruidas, alta humedad.
Temperatura	10 – 15°C	25 °C	T °>30°C reduce el consumo de agua, y T ° > 44°C las aves se niegan a beber.

FUENTE: (Nagarathna *et al.*, 2019).

## 2.4. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN

Las tecnologías de comunicación son parte importante de Internet de las cosas (IoT), en el intercambio de información entre dispositivos. Sin embargo, para que estos comuniquen de forma inalámbrica requieren de protocolos inalámbricos. La literatura identifica a Servicio General de Radio por Paquetes (GPRS), Wi-Fi, Bluetooth, y ZigBee como las cuatro formas principales de proporcionar comunicación inalámbrica entre los nodos sensores (Phiri y Phiri, 2018). En una comparación entre tecnologías (Tabla 5), la tecnología Wi-Fi tiene la distancia de transmisión más larga, y la velocidad de transmisión más rápida (Zheng *et al.*, 2021).



**Figura 5: Comparación de velocidad de datos, consumo de energía, y gama (Naik, 2018)**

**Tabla 5: Comparación de tres métodos de transmisión inalámbricos comunes**

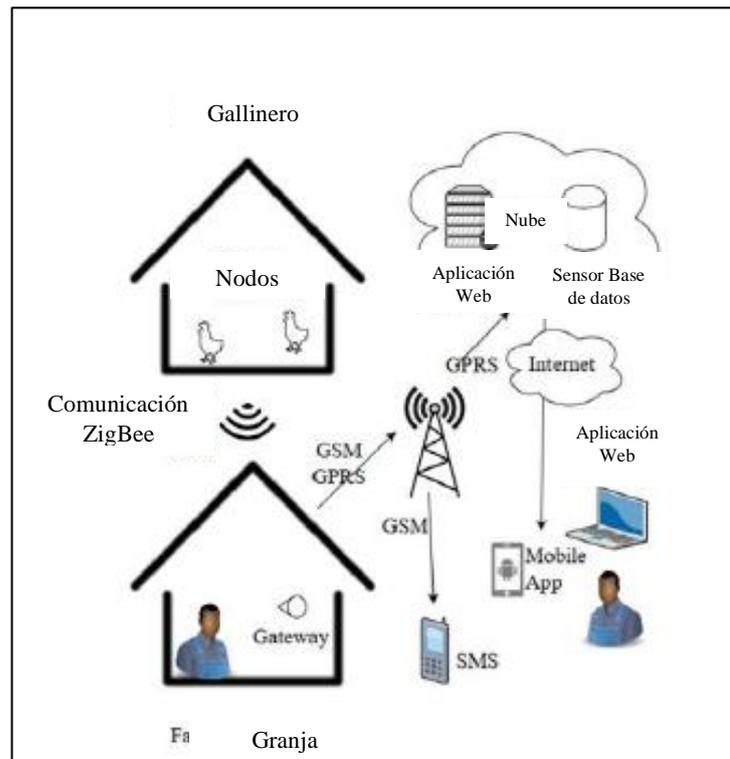
Modos de transmisión	Estándar	Frecuencia	Velocidad de datos	Rango de transmisión	Consumo de energía	Costo
Bluetooth	802.15.1	2.4GHz	1-24 Mbps	8-10 m	Medio	Bajo
Wi-Fi	IEEE 802.11 a, b, g, n	2.4GHz	2-54 Mbps	20 – 100 m	Alto	Bajo
ZigBee	802.15.4	868/915 MHz, 2.4 GHz	20–250 Mbps	10 – 20 m	bajo	Bajo
LoRa	802.15.4 g	133/868/915 MHz	0.3–50 Kbps	>500 m	Muy bajo	Bajo

FUENTE: (Navarro *et al.*, 2020)

**Tabla 6: Red de sensores inalámbricos**

Tecnología	Rango	Energía	Seguridad
Wi-Fi (IEEE802.11, a, b, g, n, ac, ab)	100 m	1W	Si
Bluetooth (IEEE802.15.1)	100 m	1W	Si
Bluetooth Low Energy (BLE)	200 m	10mW	Si
ZigBee (IEEE802.15.4)	10 m – 300 m	1mW	Si
Z-wave	30 m	1mW	Si
Sigfox	30 – 50 Km	-	No
LoRaWAN(IEEE802.15.1)	2 – 15 Km	-	No
RIFD	10 – 22 Km	1mW	Posible
GSM,3G, y 4G	10 – 28 Km	1 – 5 W	Si

FUENTE: (Phiri y Phiri, 2018)



**Figura 6: Modelo de detección y monitoreo en granja (Phiri y Phiri, 2018)**

### **2.4.1. Red de área de amplia de baja potencia (LPWAN)**

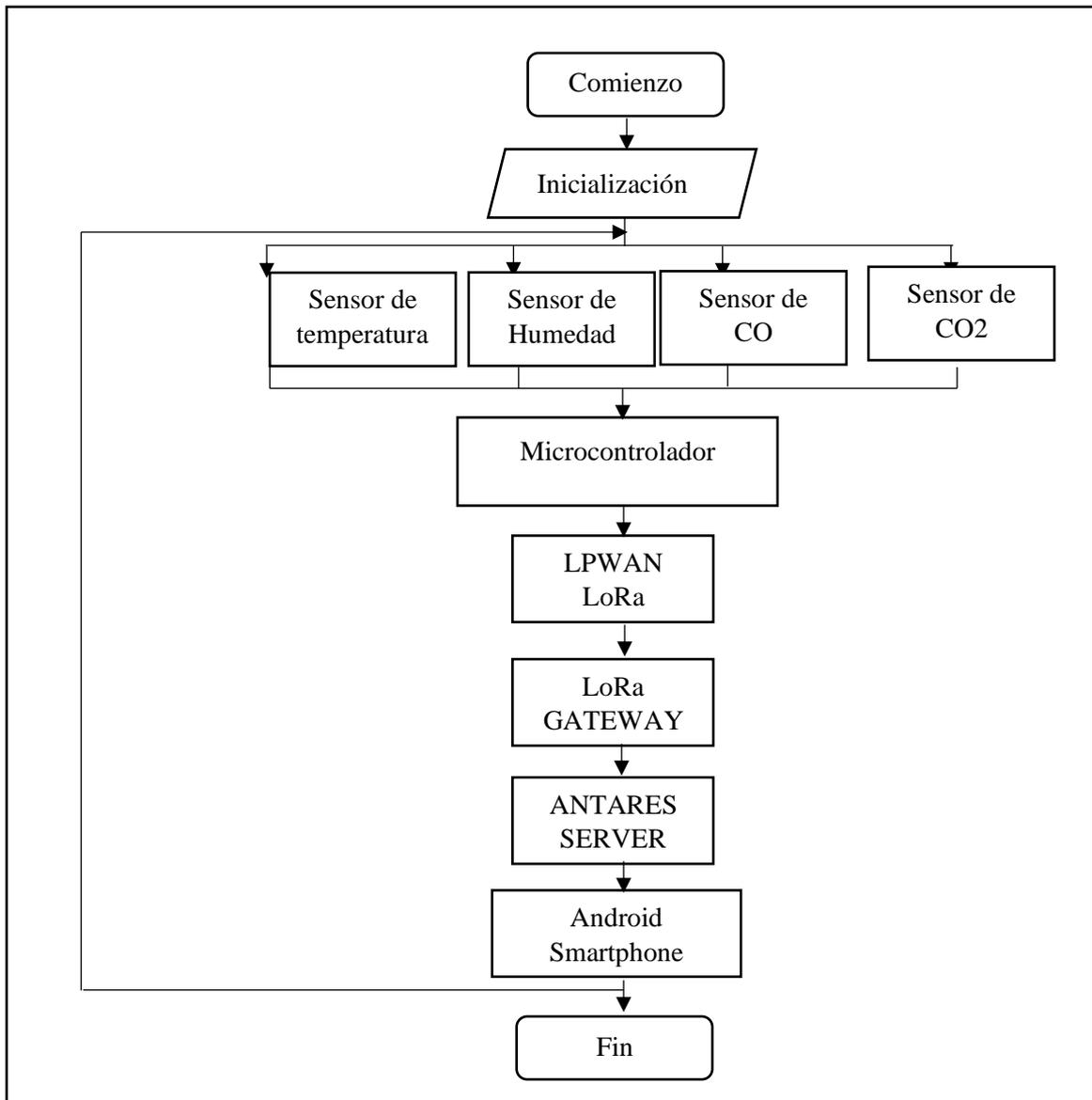
Es una tecnología inalámbrica que emplea un tipo de modulación en radiofrecuencia. La Red de área amplia de baja potencia (LPWAN), es la familia de tecnologías creada para la realización de Internet de las cosas (IoT). La mayoría de las redes Red de área amplia de baja potencia (LPWAN) operan en bandas ISM (Industrial, Científico y Médico) sin licencias como 169, 433, 868/915 MHz, y 2,4 GHz. Se compone de tecnologías como LoRa, SigFox, Weightless, y Narrow Band IoT (Ikpehai et al., 2019). Sin embargo, Largo alcance (LoRa) tiene alta inmunidad al ruido, y capacidad de transmitir datos a larga distancia mientras se usa un espectro sin licencia, el cual la hace una solución rentable al construir sistemas Internet de las cosas (IoT). (Georgiou y Raza, 2017; Beston, 2019). Largo alcance (LoRa) se divide en 3 clases: Clase A: Potencia más baja, bidireccional y dispositivos, la Clase B: dispositivos finales bidireccionales con determinista latencia de enlace descendente. y la Clase C: latencia más baja, dispositivos finales bidireccionales. El uso de esta clase C requiere más potencia, y tiene la latencia más baja en comparación con la clase A, y la clase B. (Firdaus et al., 2019) como se ve en la Figura 7.

### **2.4.2. Wi-Fi**

El Wi-Fi es la red de Red de área local (LAN), una tecnología que utiliza ondas de radio para transmitir datos desde un dispositivo a un punto de acceso que incluye un enrutador, y este completa la conexión en LAN. Red de área amplia (WAN), inicialmente utilizaba 2.4 GHz de frecuencia, pero se ha expandido a 5 GHz. La tecnología Wi-Fi es muy utilizado en productos Internet de las cosas (IoT), por tal razón muchos dispositivos vienen con Wi-Fi integrado (Ahmed et al., 2018).

### **2.4.3. Bluetooth**

El bluetooth es una tecnología de corto alcance. El rango de cobertura es no más de diez metros entre dispositivos. Por lo tanto, es adecuado para aplicaciones que requieren datos con alta velocidad, pero a corta distancia. Es muy utilizado para transferencia de datos como archivos, música, imágenes, y videos entre un dispositivo y otro (Ruiz *et al.*, 2009).



**Figura 7: Diagrama de flujo del sistema (Firdaus et al., 2019)**

#### 2.4.4. Zigbee

Es una tecnología de comunicación inalámbrica que se utiliza para transferencia de datos que requieren baja potencia, y baja transferencia de datos. Es capaz de transmitir datos a una velocidad máxima de 250 Kbps en frecuencia operativa de banda ISM de 2.4 GHz, y ancho de banda de 1.3 Mbps (Li *et al.*, 2017).

## **2.5. INTERNET OF THINGS**

El Internet de las cosas (IoT) es una tecnología de red contenidos en dispositivos físicos, que permiten la mutua comunicación de intercambio de datos entre varios hardware (Firdaus et al., 2019). Esta tecnología nos permite controlar dispositivos de tecnología en cualquier lugar, y en cualquier momento siempre que se encuentre conectado a internet (Ari et al., 2019).

### **2.5.1. Arquitectura de IoT**

#### **f. Capa de percepción**

Es la capa que consta de nodos con sensores que recopilan la información del medio. (Phiri y Phiri, 2018; Talavera *et al.*, 2017).

#### **g. Capa de red**

Es la capa donde se recibe, procesa, y transmite los datos detectados de diferentes partes. Por su capacidad para comunicarse debido a que consta de puertas de enlace, enrutadores, y dispositivos de microcontrolador. Buen comunicarse con capa percepción, y la capa aplicación (Talavera *et al.*, 2017).

#### **h. Capa de aplicación**

En esta capa es donde todos los datos recopilados se gestionan, procesan, y analizan (Beston, 2019).

### **III. DESARROLLO DEL TRABAJO**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN Y DURACIÓN**

El trabajo se llevó a cabo en una granja de producción de pollos de carne. En el departamento de La Libertad – Trujillo (34 m.s.n.m.), de temperatura media 18°C entre los meses de agosto, y octubre. La duración fue de 35 días comprendida entre los meses de septiembre y octubre. El procesamiento de los datos fue mostrado, almacenado y procesado en la plataforma Ubidots.

La plataforma Ubidots es una interfaz que permite observar los datos obtenidos en tiempo real por año, día, hora, lugar, etc. Toda la información enviada es procesada para la interacción entre las mismas mostrando la correlación mediante gráficos, o valores concretos en un tiempo determinado. Toda esta información es confidencial, y solo pueda ser observada por la persona con el usuario correspondiente a estos datos.

En este punto se determinó las limitaciones que podríamos tener en la instalación por baja señal, acceso a un punto de luz, sistema de tubería desgastaba, o con deficiente programa de desincrustación de sarro.

El potencial se determinó a partir de las deficiencias observadas en el lugar, y el histórico de granja con la implementación de otros equipos para la medición de amoníaco, dióxido de carbono, luz, o una bomba dosificadora de cloro.

#### **3.2. INSTALACIONES Y EQUIPOS**

##### **3.2.1. Instalaciones**

El alojamiento fue en galpones tradicionales de madera con las medidas de 200 x 15 x 5 m. Con comederos automáticos, sistema de bebederos por *nipple*, sistema de cortinas

manual, y calefacción manual.

Los animales fueron criados en piso durante toda la campaña, con 4 fases de alimentación en forma de pellet: pre iniciador, iniciador, terminador 1, y terminador 2. Las aves fueron monitoreadas por un colaborador por la mañana y otro por la noche manteniendo el histórico de parámetros en cuanto a temperatura, humedad, ventilación, y densidad según la línea genética.

### 3.2.2. Equipos

**Tabla 7: Equipos instalados**

<b>Unidad</b>	<b>Equipo</b>	<b>Modelo</b>
1	Nodo de agua	WN V2
1	Bomba dosificadora - IWAKI 5.5	GPH EHE31E2 PC
2	Nodo temperatura y humedad	NODE LN&TH V2 B
1	Nodo temperatura de agua	WT V2 B
2	Bascula	SW V2 A
1	Sensor de pH	SEN0169-V2
1	Gateway	GW V2 A WIFI
1	Router WIFI 4G	TL-MR6400 / TPLink_5E0C
1	Controlador de pH	WPHPW120HA-N

FUENTE: Elaboración propia

### 3.3. ANIMALES

Para la prueba se utilizaron 28 427 pollos hembras de la línea comercial Ross 308

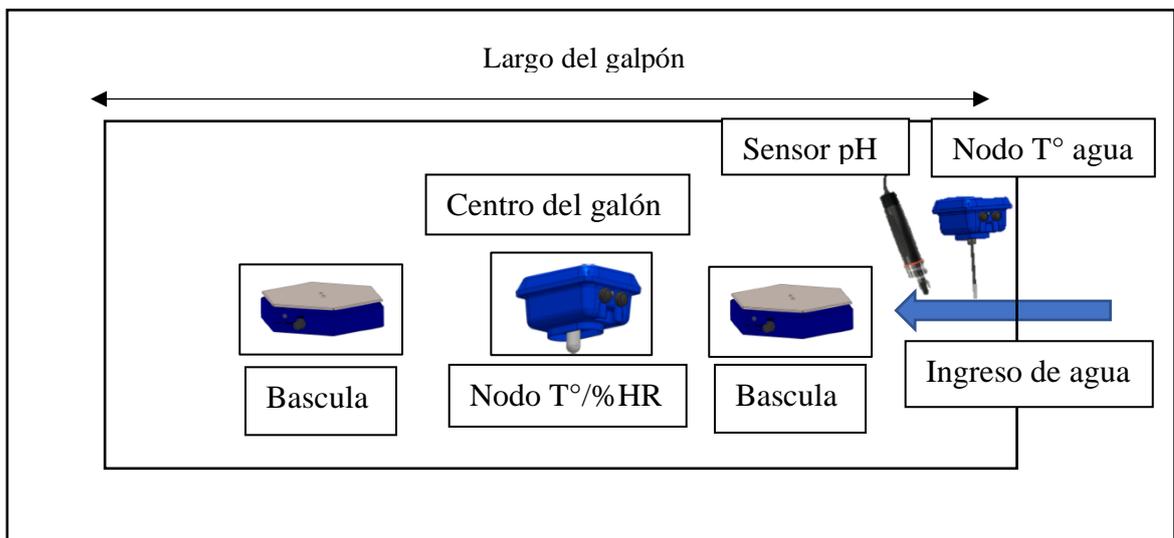
### 3.4. DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS

#### 3.4.1. Equipos de medición

Los equipos de medición de ambiente como el nodo de temperatura y humedad fueron instalados dentro del corral de crianza en lugares estratégicos dependiendo la edad de las aves. Estos nodos fueron colocados desde el día cero en el centro del galpón, que es

donde partió la ampliación de corrales hacia los extremos frontales. Los nodos tienen dos botones uno de encendido y otro de reseteo, se colgó en el lugar propicio, y luego es encendido.

Los equipos de monitoreo de agua fueron instalados al ingreso de agua de cada galpón, como son los medidores de flujo, medidores de temperatura de agua, y medidores de pH.



**Figura 8: Distribución de equipos en el galpón**

### 3.4.2. Equipos de recepción de datos

El *Gateway* y el *router* que permiten la recepción de la información, y el envío a la nube a través de la red Wifi, fueron colocados en un ambiente a 500 m de los galpones, junto al controlador, y la bomba dosificadora, que son los equipos de respuesta ante una variación fuera del rango programada para valores de pH.

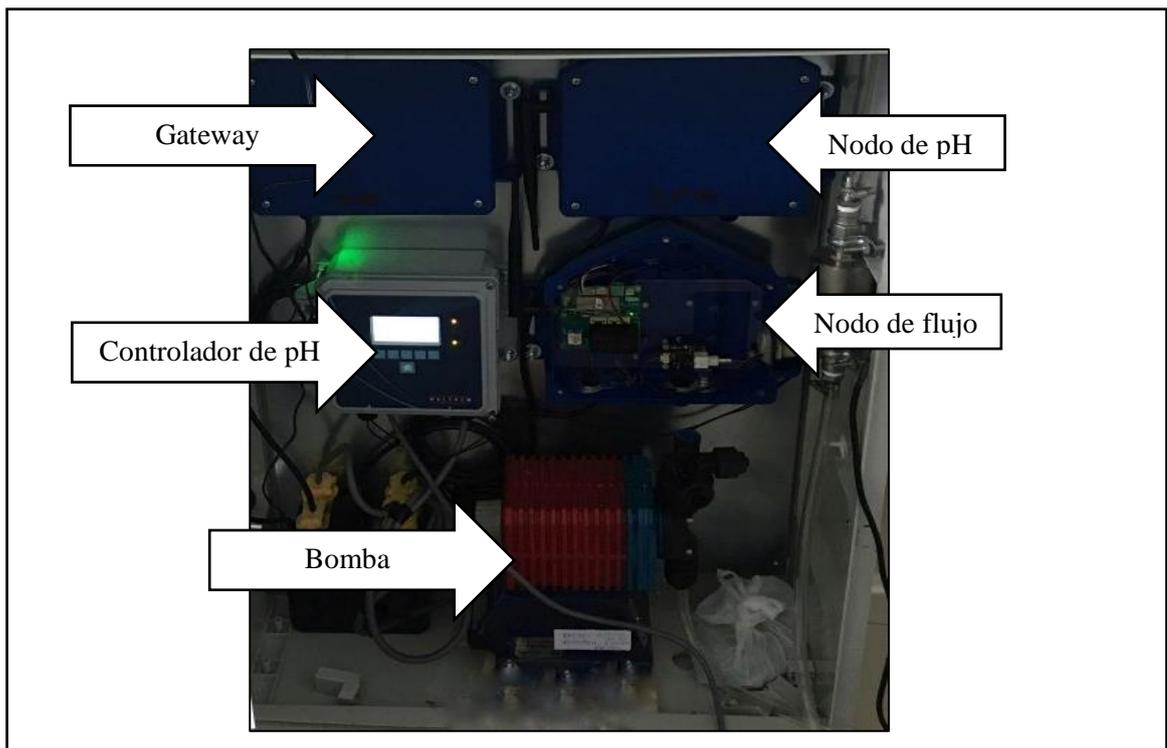
## 3.5. PROCEDIMIENTO

Los equipos fueron calibrados antes del inicio de campaña para su próximo monitoreo de información, para el caso de pH del agua. Esta calibración se dio in situ primero se calibro el sensor con un buffer de pH 4, y posterior con un buffer de pH 7. Todo este proceso se observó en tiempo real en la plataforma Ubidots, para corroborar el envío de datos correctos según el buffer.

Los demás equipos que se encontraron dentro del galpón para la medida de variables como la humedad relativa, temperatura, temperatura del agua, y los equipos que permitieron recibir la información fueron instalados 10 días antes de la recepción, para su lavado y desinfección. Luego estos equipos fueron monitoreados desde el día cero de la llegada de los pollos, hasta el día que se terminó la venta de todos los animales.

El proceso de lavado se llevó a cabo con alcohol isopropílico, atomizador y un paño, para la parte interna de los equipos, y para la parte externa detergente, y escobilla. En la desinfección totalmente externa se aplicó con guantes, y mascarillas, un desinfectante de principio activo amonio cuaternario. La última desinfección fue propia del programa de granja aplicando formol.

El *Gateway* recibió la información a través de LoRa de los equipos instalados en galpón, el cual fue colocado en otro espacio para su mejor manejo. Los equipos que también se colocaron dentro del espacio como el controlador, y la bomba dosificadora quien aplica algún producto para controlar el pH del agua, y mantenerlo dentro del rango promedio al cual fue programado (Figura 8).



**Figura 9: Equipo completo de envío de información**

### 3.6. VARIABLES

Se mostraron las siguientes variables a través de la plataforma por los equipos de medición.

#### 3.6.1. pH del agua

Se pudo procesar y monitorear a través de un nodo de pH (Figura 9), y medir a través de un sensor de pH marca Haoshi (Figura 10), esta es conectada con el sistema de tubería al ingreso del galpón. Este nodo envió la información de manera inalámbrica a través de LoRa a un *Gateway* que proceso la información para enviarla hacia la nube a través de una señal de wifi emitida por un router.



**Figura 10: Nodo de pH**



**Figura 11: Sensor de pH**

### 3.6.2. Temperatura del agua

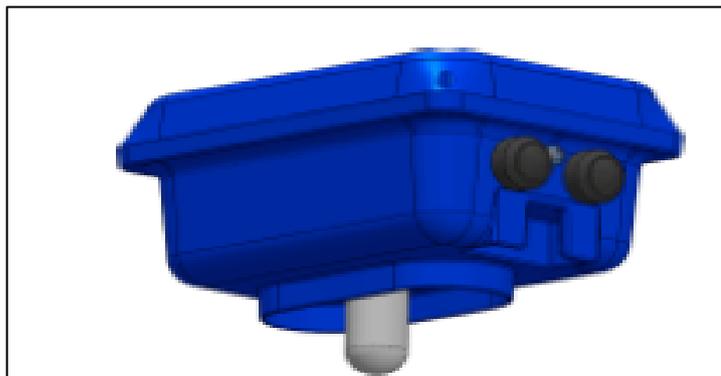
La temperatura del agua fue procesada y monitoreada a través de un nodo de temperatura (Figura 11), medida a través de un sensor de temperatura colocado dentro del sistema de tubería al ingreso de agua del galpón. El nodo envió la información de manera inalámbrica a través de LoRa a un *Gateway* que procesó la información para enviarla hacia la nube a través de una señal de wifi emitida por un router.



**Figura 12: Nodo de temperatura de agua**

### 3.6.3. Temperatura y humedad del ambiente

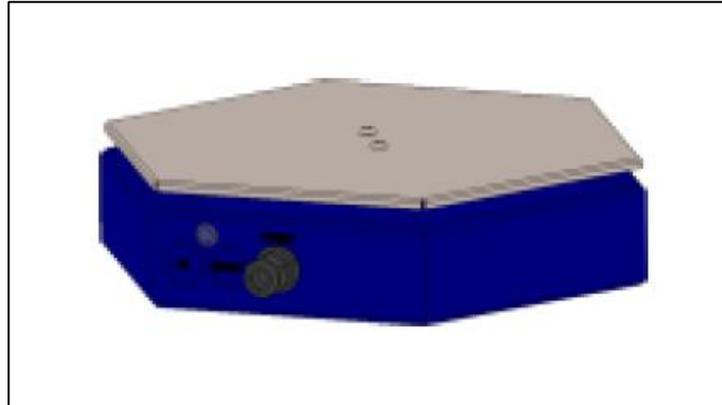
El nodo de temperatura y humedad (Figura 12), presenta un bulbo que permite recibir esta información y enviarla hacia el *Gateway* de manera inalámbrica a través de LoRa que procesó la información para enviarlo hacia la nube mediante una señal de wifi, emitida por un router.



**Figura 13: Sensor de temperatura y humedad**

### 3.6.4. Peso vivo

La bascula (Figura 13), hizo un envío de información cada diez segundos de los pesos registrados hacia el *Gateway* de manera inalámbrica a través de LoRa, que proceso la información para enviarlo hacia la nube mediante una señal de wifi, emitida por un *router*.



**Figura 14: Bascula de peso**

## 3.7. VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La data de las variables se mostrará a través de la plataforma Ubidots, en la cual después de la creación de un usuario, los colaboradores podrán observar los valores en bruto y la correlación de los mismos como ganancia de peso, promedio de peso, temperatura y humedad relativa ambiental, etc. Se podrá visualizar en gráficos la interacción de estas en todo el momento del día, pues estos equipos funcionaran las 24 horas del día, con un intervalo de envío entre datos de 10 segundos.

## 3.8. CÁLCULO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT

Para el proyecto el cálculo total de costos el cual considero el precio de cada equipo (incluyen sensores), el personal capacitado para la instalación, acceso a la plataforma, e imprevistos.

### 3.8.1. Costo total de equipos

Los equipos a utilizados para el sistema de monitoreo inteligente son nodo de agua,

bomba dosificadora, nodo de temperatura y humedad, nodo de temperatura de agua, bascula, sensor de pH, *Gateway*, *router* WiFi, y controlador de pH. El cual da un total de \$9000 USD, el cual equivale al 81.8 por ciento del costo total.

**Tabla 8: Precio de quipos**

<b>Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario (\$)</b>	<b>Precio total (\$)</b>
Nodo de agua	1	500	500
Bomba dosificadora	1	1900	1900
Nodo Temperatura y humedad	2	550	1100
Nodo temperatura de agua	1	600	600
Bascula	2	900	1800
Sensor de pH	1	300	300
Gateway	1	700	700
Router WiFi 4G	1	100	100
Controlador de pH	1	2000	2000
<b>Total</b>			<b>9000</b>

FUENTE: Elaboración propia

### 3.8.2. Costo de mano de obra y costos indirectos

La mano de obra directa considero dos personas con viáticos, transporte, y alimentación. No varían en función al volumen de aves manteniéndose fija aumente, o disminuya el volumen durante toda la etapa de crianza. El cual tiene un valor de \$ 600 USD, que equivale al 5.5 por ciento del costo total.

**Tabla 9: Costo de mano de obra**

<b>Gastos</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio total (\$)</b>
Transporte	150	300
Viáticos	120	240
Otros	30	60
<b>Total</b>		<b>600</b>

FUENTE: Elaboración propia

### **3.8.3. Costo de plataforma web**

El sistema requiere de un traductor de datos donde se podrá observar de manera resumida los datos en tiempo real, para almacenar, procesar, e informar de manera rápida. La plataforma *Ubidots* tiene un costo anual de \$400 USD anual, que equivale al 3.6 por ciento del total.

### **3.8.4. Imprevistos**

Este tipo de instalaciones muchas veces requiere de gastos para accesorios en el sistema de tubería de granja, y demás. El cual tuvo un valor de \$1000 que equivale al 10 por ciento del total.

## **3.9. POTENCIAL A FUTURO Y LIMITACIONES**

Este sistema de monitoreo inteligente está diseñado en base a un tipo de crianza intensiva para recopilar datos en tiempo real, y en altos volúmenes, por lo tanto, requiere de ciertos puntos para su rendimiento óptimo.

### **3.9.1. Potencial a futuro**

- a. Este sistema propuesto convierte una granja tradicional en una granja inteligente a un menor costo.
- b. Medición de variables como caudal de agua, amoníaco, dióxido de carbono, monóxido de carbono, medición digital de peso vivo a través de cámaras, y trabajo con robots.
- c. Manejo de factores ambientales dentro del galpón en base a un histórico de datos de granja.
- d. Mayores ingresos en base a la eficiencia económica debido al rendimiento productivo.

- e. Se establece una alerta de peso vivo, para proyección de venta en tiempo determinado.

**Tabla 10: Plan de desarrollo a corto y largo plazo de cada generación de Ganadería inteligente (PLF)**

<b>Año objetivo</b>	<b>Presente</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
Efecto	Mejorar conveniencia “más cómodo”	Aumente la productividad “menos entrada, más salida”	Mejora la sostenibilidad “Alta producción/calidad por cualquiera”.
Función principal	Control remoto de instalaciones	Gestión precisa de crecimiento	Inteligencia de ciclo completo, y administración automática.
Información central	Desarrollo de información.	Desarrollo de información, crecimiento de información.	Desarrollo de información, crecimiento de información, y producción de información.
Tecnología central	Tecnología de la comunicación	Tecnología de la comunicación, Big Data/Inteligencia artificial	Tecnología de la comunicación, Big Data/Inteligencia artificial, robot
Control / Decisión	Humano	Humano/Pc	Pc (inteligencia artificial)
Producto de I+D	Sistema de control de la casa de teléfonos inteligentes	Software de gestión del crecimiento basado en datos	Granja de robots inteligentes

FUENTE: Hee *et al.* 2019

### **3.9.2. Limitaciones**

- a. La necesidad de corriente continua 110V, o 220V, para el funcionamiento de los equipos.
- b. Cobertura mínima de 3G, para el envío de datos a la nube, y recepción de datos en tiempo real.
- c. Acceso a esta tecnología en el Perú.
- d. Para pequeños productores es una inversión elevada.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados se muestran en figuras tomadas de la plataforma Ubidots de acuerdo a las variables evaluadas a los 35 días de crianza, y se dividieron como tal en: Parámetros productivos, pH del agua, temperatura y humedad del ambiente, y temperatura del agua.

### **4.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS**

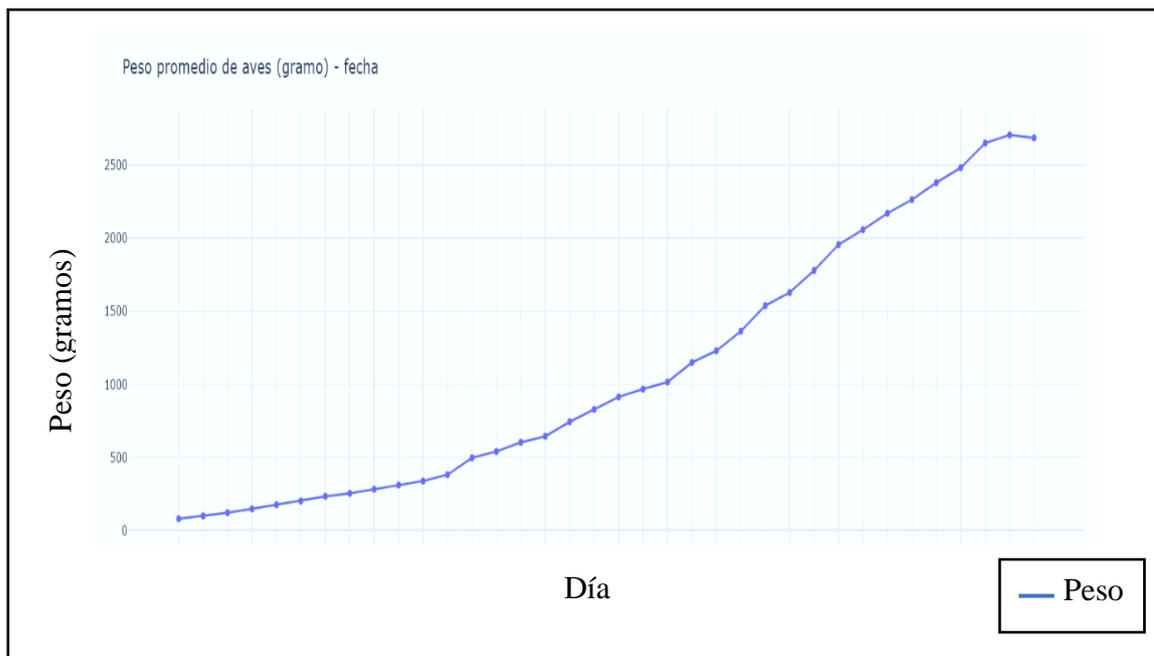
#### **4.1.1. Conversión alimenticia**

Los resultados se muestran en la Tabla 11. Se observa que presenta un valor 7 % superior al propuesto por la línea genética Ross 308. Sin embargo, el valor obtenido concuerda con Klots *et al.* (2020), quienes, encontraron que, en un sistema inteligente, interconectadas, y de control adaptativo existe una mejora en el rendimiento de un 5 % mayor en otras variables como el peso. De acuerdo al resultado obtenido, la conversión alimenticia es mayor al determinado por la línea genética y similar a los obtenidos por Al *et al.*, (2016), pero este incremento podría verse afectado por factores ajenos a un sistema inteligente que no supervisa el desperdicio, o temas relacionados al alimento.

#### **4.1.2. Peso vivo**

Los resultados se muestran en la Tabla 11. Se observa un valor superior al propuesto por la línea genética en un 10%, y mayor al obtenido por Schomburg *et al.*, (2022) quienes solo obtuvieron 2.435g peso vivo al sacrificio, y a los obtenidos por Klots *et al.* (2020), que solo obtuvieron un valor superior en 5% a los 35 días de edad de las aves.

En la Figura 15 se observa la plataforma Ubidots la forma como presenta la curva de crecimiento de peso diario a lo largo de la etapa de crianza.



**Figura 15: Grafica de peso promedio por día plataforma Ubidots**

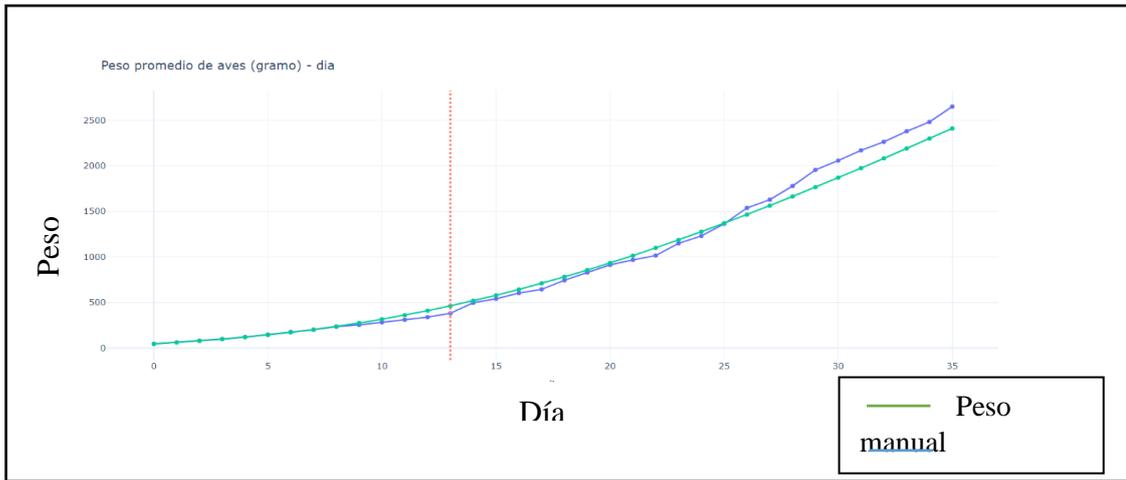
En la Figura 16, se observa la plataforma Ubidots en crecimiento exponencial, la comparación entre curvas de crecimiento de peso, desde el día 0 hasta el 35. Este reporte diario permite hacer un seguimiento constante a los pesos de cada galpón evaluado, y compararlo con el manual de rendimiento de la línea genética anexo1.

**Tabla 11: Respuesta productiva de pollos Ross 308**

Sistema de monitoreo	Peso vivo final (g)	Conversión alimenticia
Galpon1	2744	1.46
Manual Ross 308	2484	1.36

FUENTE: Elaboración propia

Por otro lado, el galpón obtuvo un peso total de 76286 Kg con 27802 aves, con un 2% de mortalidad del total de aves ingresadas.

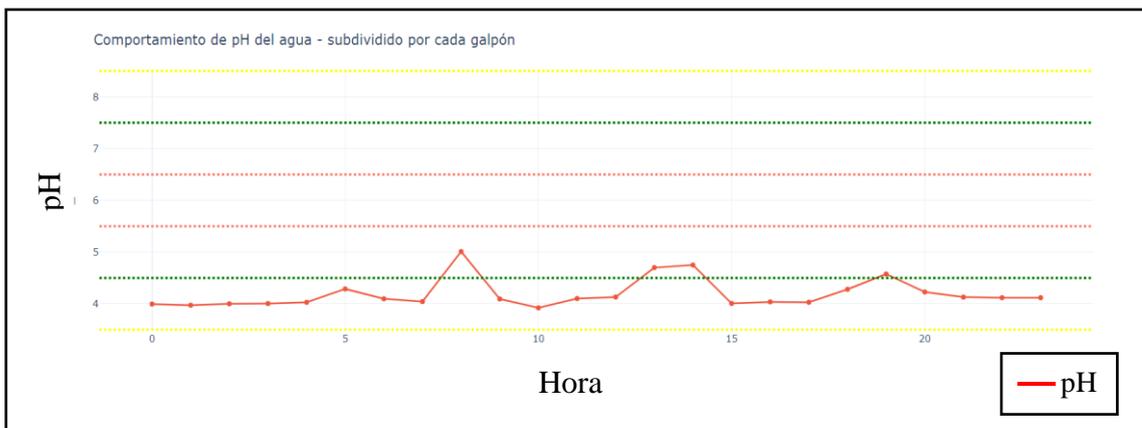


**Figura 16: Comparativa de peso según manual de la línea genética Ross 308 Ubidots**

Finalmente, el presente estudio, se observan valores entre conversión y peso final al sacrificio con efecto positivo en rendimiento mediante un manejo aplicado a la gestión de variables a través del monitoreo inteligente.

#### 4.2. PH DEL AGUA

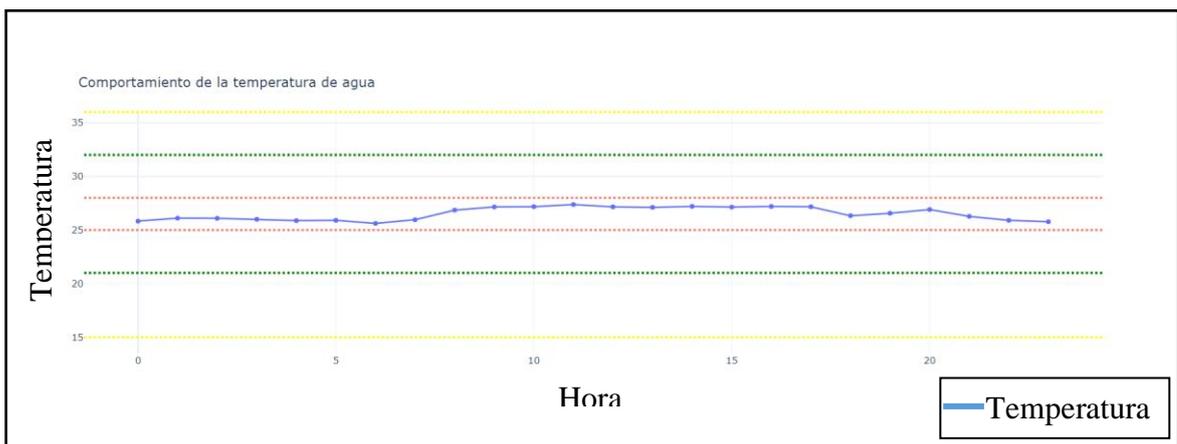
Los resultados se muestran en la Figura 17. Como se presentan en la plataforma Ubidots con un pH dentro del rango programado, y que se mantuvo a lo largo del tiempo entre 4 y 5. En un estudio realizado por Zin *et al.*, (2017) encontró que el valor de pH preferible para la producción avícola se encuentra entre seis, y siete, sin embargo, Nagarathna *et al.*, (2019) reportó que el ave puede tolerar un rango entre cuatro a ocho.



**Figura 17: Nivel de pH por día plataforma Ubidots**

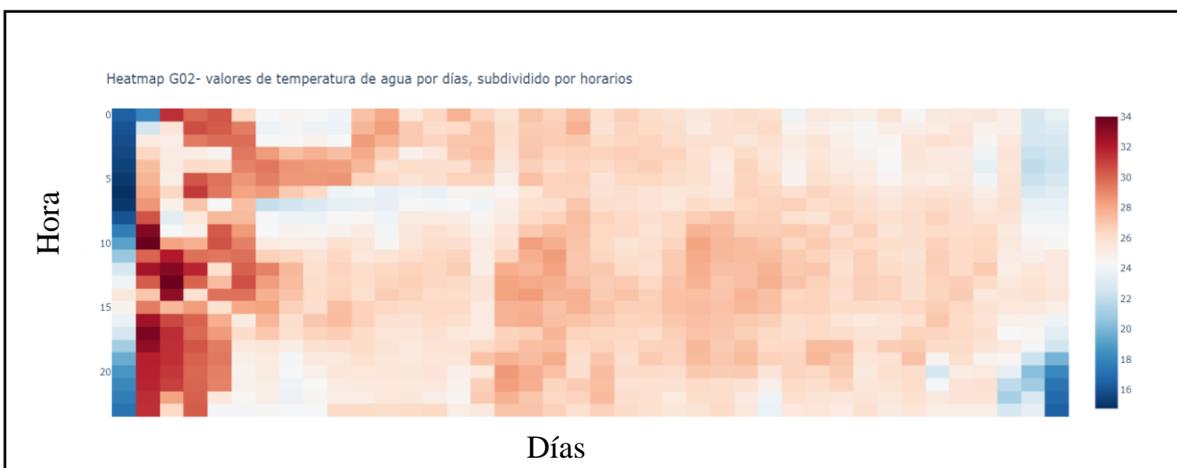
### 4.3. TEMPERATURA DEL AGUA

Los resultados se muestran en la Figura 18, como se presentan en la plataforma Ubidots con el valor de temperatura entre 25 y 30 grados Celsius. Nagarathna *et al.*, (2019) reporto que estos valores permite consumo sin afectar su ingesta de agua. Además, la gráfica permite ver si hay un valor por encima de lo aceptable observado en Tabla 4. El cual nos permite tomar acciones de manera inmediata como aplicar flushing al sistema de agua dejando correr el agua estancada en las tuberías hasta regular la temperatura de la misma.



**Figura 18: Comportamiento de la temperatura del agua en grados Celsius**

En la gráfica (Figura 19) podemos observar los horarios, y días en los cuales el agua tiene la incidencia de subir de temperatura.

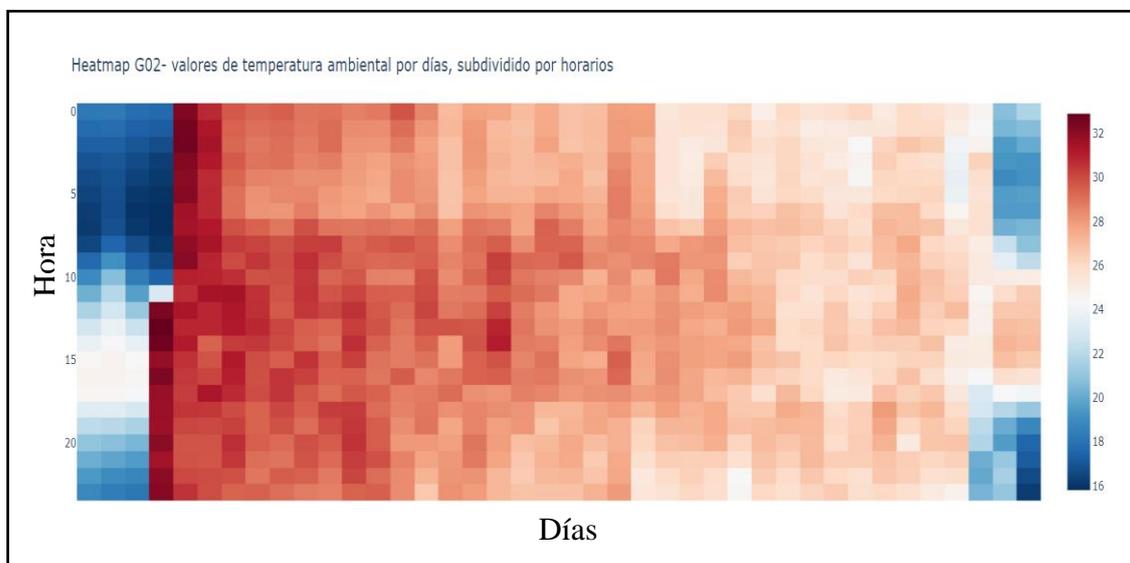


**Figura 19: Comportamiento de la temperatura del agua por horario vs día**

#### 4.4. TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AMBIENTE

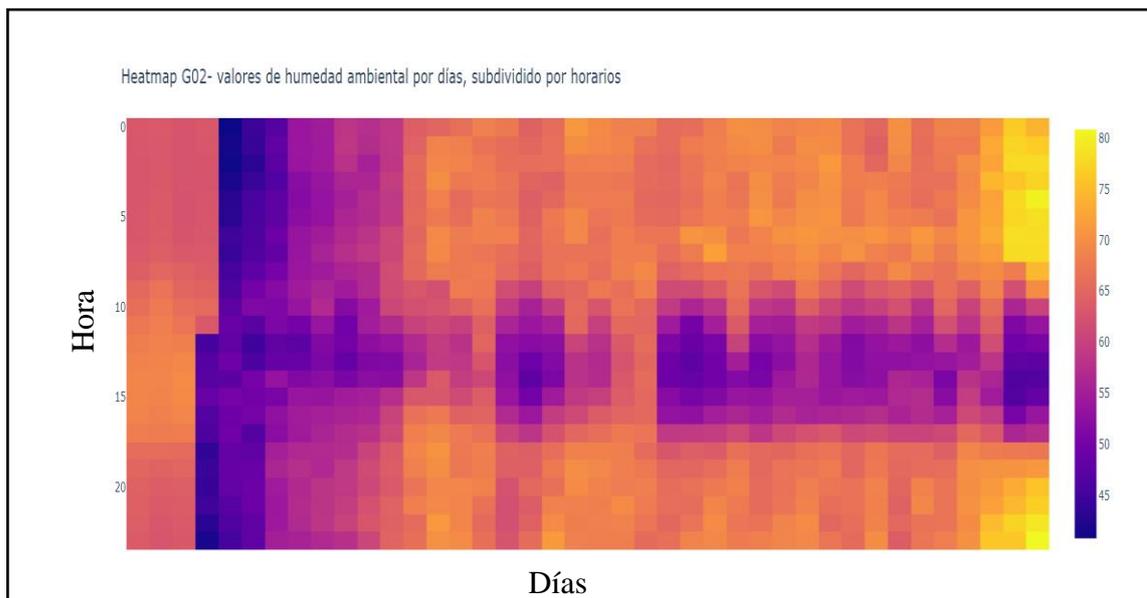
Los resultados se muestran en la Figura 20. Se observa que son Similares a los obtenidos en el trabajo de Ezema *et al.* (2021); Olalekan *et al.* (2021); Agung y Anugrah (2021); y Schomburg *et al.*, (2022) quienes encontraron óptimos resultados al mantener los valores dentro un rango optimo que se muestra en la tabla2. De acuerdo a los resultados obtenidos, los valores fuera de este rango pueden traer bajo rendimiento.

Por otro lado, valores fuera de este rango pueden traer malos resultados que concuerdan con Lau *et al.*, (2018), quienes encontraron bajo rendimiento al no tratar el dinamismo en el cual se maneja la temperatura y humedad en la cría de pollos de carne. Valores similares obtuvieron Wibowo *et al.* (2018), al no encontrar la sensación térmica adecuada en toda la etapa de crianza.



**Figura 20: Comportamiento de la temperatura en 35 días por horarios**

La Figura 21 se observa como la plataforma Ubidots presenta los valores de humedad en los 35 días de crianza, y que se encuentran dentro del rango óptimo como muestra la tabla2. Estos valores permiten a las aves entrar en confort térmico, y lograr su máximo rendimiento como Masriwilaga *et al.*, (2019) reportaron en su trabajo al manejar un rango de humedad optimo, y similares resultados obtuvieron Gunawan y Nugroho *et al.* (2020).



**Figura 21: Comportamiento de la humedad en 35 días por horarios**

Finalmente, en el estudio se puede observar mediante la plataforma Ubidots, las variaciones de temperatura y humedad dentro del rango establecido, y cargar una data que permite identificar los horarios donde hay mayor, o menor temperatura y humedad, para poder planear estrategias de acción para siguientes campañas.

#### **4.5. COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN**

##### **a. Costo total de equipos**

Nodo de Temperatura y humedad, Nodo de Temperatura de agua, Controlador, Contometro de 1", Bomba dosificadora, Gateway, Router, Sensor de pH, el cual tuvo un monto de \$9000 USD.

##### **b. Costo de personal**

Coste de viatico, transporte, alimentación, etc. El cual tuvo un valor de \$600 USD.

##### **c. Acceso a plataforma**

Acceso a la visualización de datos, y conexión internet tuvo un valor de \$400 USD

Anual.

**d. Imprevistos**

El cual tuvo un valor de \$1000 USD

COSTO TOTAL = Costo total de equipos + Costo de personal + Acceso a plataforma +  
Imprevistos

Por lo tanto,

$$\text{Costo total} = 9000 + 600 + 400 + 1000$$

$$\text{Costo total} = \$ 11000 \text{ USD.}$$

En un estudio realizado por Lau (2009), el costo de un galpón semiautomatizado tiene un valor de \$50000 USD, para una población de 30000 animales, y tomando este valor sumado a los \$11000 USD calculados para un galpón inteligente tendría un valor total de \$61000 USD. En un estudio realizado por Bose *et al.* (2022) indico la rentabilidad de cambio de un sistema tradicional a un sistema inteligente como una inversión que genera ganancias.

El valor de un galpón con monitoreo inteligente puede variar, ya que un *Gateway*, y un *router*, pueden soportar más de 100 sensores, además que un controlador de pH, una bomba dosificadora puede alimentar todo un plantel de más de 15 galpones, el cual disminuiría el costo por sistema integrado instalado. El costo de implementación de paneles solares para zonas sin acceso a energía es de \$4000 USD adicionales para este sistema que consume 70Watts horas/ día, similar al trabajo realizado por Bojacá *et al.* (2018).

Finalmente se podría plantear como una opción económica, para la implementación del sistema IoT en granjas convencionales o semiautomatizadas.

**Tabla 12: Costos de implementación de galpones**

<b>TIPO DE GALPÓN</b>	<b>Costo (\$) USD</b>
Convencional	15000
semiautomatizado	50000
Automatizado con IoT	150000
Semiautomatizado con IoT	61000

FUENTE: Elaboración propia

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo se pueden establecer las siguientes conclusiones.

- El sistema IoT mejora los parámetros productivos, sea en una granja tradicional o en una granja moderna (tecnificada).
- El sistema IoT permite monitorear en tiempo real variables como temperatura y humedad del ambiente, pH y temperatura del agua, y peso vivo promedio de las aves.
- El sistema IoT es una alternativa económica o menos costosa que un galpón inteligente o automatizado.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En base a las conclusiones establecidas se recomienda:

- Promover el desarrollo tecnológico en el sector avícola mediante el uso de la tecnología Internet de las cosas (IoT).
- Sugerir la inclusión en la malla curricular de la carrera profesional de zootecnia cursos relacionados con Sistemas Inteligentes en Producción Animal.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agung I., & Anugrah R. (2021). Automatic Temperature Control System on Smart Poultry Farm Using PID Method. *Green Intelligent Systems and Applications* 1(1). 37-43.
- Ahmad, Y., Surya T., Mansor, H., Hamida, B., Fikri A., & Arifin, F. (2021). On the Evaluation of DHT22 Temperature Sensor for IoT Application. 2021 8th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), 131–134.
- Ahmed, N., De, D., & Hussain, I. (2018). Internet of Things (IoT) for Smart Precision Agriculture and Farming in Rural Areas. *IEEE Internet of Things Journal*, 5, 4890-48- 99.
- Al D., Akbar A., Muzahim F. (2016). Impact of Sex and bird's location inside a local poultry house on some productive traits through diagnostic environmental monitoring system of rose broiler 308. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology* 5(10). 267-277.
- Alexis, G. (2020). Developing a cloud-based system for bird nests environment and behavior data monitoring and analysis, following the Internet of Things paradigm. *Tecnología en Marcha*. (33) 32-44.
- Ali M., Rahman M., & Afifi N. (2020). Smart Chicken Farm Monitoring System. *Evolution in Electrical and Electronic Engineering* Vol. 1 No. 1 (2020) 317 – 32.
- Ari, M., Tubagus, A., Agus S., & Sopian, S. (2019). Monitoring System for Broiler Chicken Farms Based on Internet of Things. *TELEKONTRAN* 7(1) 1-9.

- Astill, J., Dara, R. A., Fraser, E. D. G., Roberts, B., & Sharif, S. (2020). Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170(February), 1-9. [https:// doi. org/10. 1016/j.](https://doi.org/10.1016/j)
- Barbosa F., Silva I., & Silva M. (2008). Welfare evaluation by image analysis of laying hens in different breeding systems and environmental. unpaginated.
- Beston, L. (2019). Internet of things based system for environmental conditions monitoring in poultry house: A case of Tanzania. The Nelson Mandela African Institution of Science and Technology. 3 – 15.
- Bojacá E., Hilarión F., & Bojacá D. (2018) Estudio de factibilidad para el diseño de un sistema automatizado para producción avícola alimentado con energía solar. *Publicaciones e investigaciones. Bogotá-Colombia* 12(2). 55-67.
- Bose R., Roy S., & Mondal H. (2022). A novel algorithmic electric power saver strategy for real-time smart poultry farming. *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*. pp: 2-4.
- Chilusa G., Lagla J., & Rivas D. (2018). Intelligent Monitoring System of Environmental Biovariables in Poultry Farms. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 386–399.
- Cloete, Niel Andre, Malekian, R., & Nair, L. (2016). Design of smart sensors for real-time water quality monitoring. *J IEEE Access* 4:3975–3990.
- Cordeiro M., Tinoco I., De Mesquita R., & De Sousa F. (2011). Digital image analysis for young chicken's behavior evaluation. *Engenharia Agricola*, (31), 418-426.
- Corkery, G., Ward S., Kenny C., & Hemmingway P. (2013). Incorporating Smart Sensing Technologies into the Poultry Industry. *J. World's Poult. Res.* 3(4): 106-128.

- Cugnasca C., Saraiva A., Naas I., De Moura D., & Ceschini, G. (2008). Ad Hoc Wireless Sensor Networks Applied to Animal Welfare Research. Livestock Environment VIII. ASABE Eighth International Symposium. Iguassu Falls, Brazil.
- Cui, J. G., Mu, J., Liu, K. C., & Zhu, Y. (2019). Dynamic weighing system based on Internet of Things technologies. *Journal of Physics: Conference Series*, 1187(3), 2-8.
- De Moura D., Naas I., Alves E., De Carvalho T., Do Vale M., & De Lima K. (2008). Noise analysis to evaluate chick thermal comfort. *Scientia Agricola*, (65), 438-443.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK Government. Heat stress in poultry: solving the problem. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs; 2005.
- Dong F., & Zhang N. (2010). Wireless Sensor Networks Applied on Environmental Monitoring in Fowl Farm. *Computer and Computing Technologies in Agriculture III*.
- Edgar J., Paul E., & Nicol C. (2009). Thermal imaging as a non-invasive tool to assess mild distress in chickens, 96.
- Estrada M., & Márquez S. (2005). Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(3), 246–257.
- Ezema L., Ifediora E., Olukunle A., & Onuekwusi N. (2021). Design and implementation of an Esp 32-Based Smart Embedded Industrial Poultry Farm. *European Journal of Engineering and Technology Research* 6(3).103-107.
- Ferreira V., Francisco N., Belloni M., Aguirre G., Caldara F., Naas I., Garcia R., Paz I., & Polycarpo G. (2011). Infrared Thermography Applied to the Evaluation of

Metabolic Heat Loss of Chicks Fed with Different Energy Densities. *Brazilian Journal of Poultry Science*, (13), 113-118.

Firdaus, R., Murti, M. A., & Alinursafa, I. (2019). Air Quality Monitoring System Based Internet of Things (IoT) Using LPWAN LoRa. 2019 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IoTaIS).

Georgiou, O., Raza, U., (2017). Low Power Wide Area Network Analysis: Can LoRa Scale. *Wireless Communications Letters*, 6(2), 162-164.

Gunawan N., y Nugroho B. (2019). Smart Chicken Farming: Monitoring System for Temperature, Ammonia Levels, Feed in Chicken Farms. *Materials Science and Engineering* 852. 2-5.

Gutiérrez, M. (2019). Avicultura de Perú continúa creciendo este año 2019. Recuperado de <https://avicultura.info/avicultura-de-peru-continua-creciendo-este-ano-2019/>

Hee C. (2019, 15 de noviembre). Livestock Production in Korea: Recent Trend and Future Prospects of ICT Tecnology. FFTC Agricultural Policy Platform (FFTC-AP).

Hitimana, E., Bajpai, G., Musabe, R., & Sibomana, L. (2018). Remote Monitoring and Control of Poultry Farm using IoT Techniques. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science*, VII(V), 87–90.

Idowu P., Abiodun O., Ifeoluwa D., Abolade M., & Adedapo J. (2021). *International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering*. 10(9), 16-21.

Ikpehai, A., Bamidele, A., Khaled, M., Anoh, K., Ande, R., Hammoudeh, M., (2019). Low-Power Wide Area Network Technologies for Internet of Things: A Comparative Review, *Internet of thing Journal* 6(2), 2225-2227.

- Jake A., Rozita, A., Evan D., Bruce, R., & Shayan, S. (2020), *Computers And Electronics in Agriculture* 170, 1-4.
- Jalil N., Jabbar I., & Ibrahim N. (2019). Design and implementation of a smart monitoring system for water quality of fish farms. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 14(1). 45-52.
- Junho B., Injae L., Myungjun, L., Jonggil, L. & Hun O. (2014). Design and Implementation of a Smart Control System for Poultry Breeding's Optimal LED Environment. *Int. J. of Control and Automation*, 7(2).99-108.
- Klots D., Ribeiro R., Enembreck F., Denardin G., Barbosa M., Casanova D., & Teixeira M. (2020). Estimating action plans for smart poultry houses. 2-14.
- Kufre, J., Temitope, A., Abdulkabeer, A., & Aniekan, B. (2021). Multi-funtional Poultry Farm Model with Remote Monitoring and Control Scheme. *1st ICEECE & AMF*. 1(2),18-22.
- Lakshmikantha V., Hiriyannagowda A., Manjunath A., Patted A., Basavaiah J., & Anthony A. (2019). IoT based Smart Water Quality Monitoring System. *Global Transitions Proceedings*.
- Lata S. Handigolkar, M.L. Kavya and P.D. Veena, (2016). Iot Based Smart Poultry Farming using Commodity Hardware and Software. *Bonfring International Journal of Software Engineering and Soft Computing*, (6) 171-175.
- Lau J. (2009) Plan de negocios para desarrollar el servicio integrado de crianza de pollos [Tesis de maestria, Universidad de ciencias aplicadas]. Repositorio institucional-Universidad de ciencias aplicadas.
- Lau K., Leow P., Jamian J., Arsat R., Khalid N., & Monhamed A. (2018). Temperature Distribution Study for Malaysia Broiler House. *d International Conference on Smart Sensors and Application (ICSSA)*. 69-72.

- Lee, C. C., Adom, A. H., Markom, M. A., & Tan, E. S. M. M. (2019). Automated Chicken Weighing System Using Wireless Sensor Network for Poultry Farmers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 557(1).
- Li, H., Huan, W., Wenqing, Y., Yongwei L., Yan, Q., & Fei, H. (2015). Development of a Remote Monitoring System for Henhouse Environment Based on IoT Technology. *Future Internet* (7)329-341.
- Li, Z., Wang, J., Higgs, R., Zhou, L., & Yuan, W. (2017). Design of an Intelligent Management System for Agricultural Greenhouses Based on the Internet of Things. *Proceedings - 2017 IEEE*.
- Masriwilaga A., Abdul T., Subagia A., & Septiana S. (2019). Monitoring System for Broiler Chicken Farms Based on Internet of Things. *Telekontran* 7(1). 2-7.
- Mohammed, H., Ali, A., Syed, A., Karishma, N., Ferwa, S.; (2018). IoT Based Poultry Environment Monitoring System. *International Conference on Internet of Things and Intelligence System*. 1-5.
- Mollah, Md. B. R., Hasan, Md. A., Salam, Md. A., & Ali, Md. A. (2010). Digital image analysis to estimate the live weight of broiler. *Computers and Electronics in Agriculture*, 72(1), 48–52.
- Mollo, M. N., Vendrametto, O. & Okano, M. T. (2009). Precision Livestock Tools to Improve Products and Processes in Broiler Production: A Review. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 11(0). 211-218.
- Mullah M., Hasan M., Salam M., & Ali M. (2010). Digital image analysis to estimate the live weight of broiler. *Computers and Electronics in Agriculture*, (72), 48-52.
- Nagarathna D., Shivshankar G., & Channegowda M. (2019). Experimental Investigations on Quality of Water Used in Poultry Farm Using Sensors. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 437–445.

- Naik N. (2018) LPWAN Technologies for IoT systems: choice between ultra-narrow band and spread spectrum,” in 4th IEEE International Symposium on Systems Engineering, ISSE 2018 - Proceedings. Rome, Italy: IEEE.
- Namanu, P., Clementi, G., Ouhabaz, M., Costanza, M., Margueron, S., Bartasyte, A., Basrour, S., Bano, E., Montes, L., Dehollain, C., *et al.* (2021). A Self-Powered and Battery-Free Vibrational Energy to Time Converter for Wireless Vibration Monitoring. *Sensors* 2021, 21, 7503. <https://doi.org/10.3390/s21227503>.
- Navarro E., Costa N., & Pereira A. (2020) A Systematic Review of IoT Solution For Smart Farming. *Sensor* 20(15). 2-29.
- Nikolajs B., Irina A., Liga, P., G., & Liga, J. (2022). Data Conceptual Model for Smart Poultry Farm Management System. 527-526.
- Noridayu, M., & Abdul, A. (2019). IoT Based Poultry House Monitoring. 2nd International Conference on Communication Engineering and Technology. 72-75.
- Okada H., Suzuki K., Kenji T., & Itoh T. (2010) Avian influenza surveillance system in poultry farms using wireless sensor network. Design Test Integration and Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP), Symposium on, 5-7 May 2010 2010. 253-258.
- Olalekan p., Abiodun O., David I., Abolade M., & Adedapo J. (2021). Design and Implementation of Smart-Controlled Poultry Farm Management System. *International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering* 10(9). 16-21.
- Pasika S., & Gandla S. (2020). Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT. *Heliyon* 6(7).
- Pereira, W., Fonseca, L., Putti, F., Góes, B., & Naves, L. (2020). Environmental monitoring in a poultry farm using an instrument developed with the internet of

things concept. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170.

Phiri, H., Kunda, D., Phiri, J. (2018) An IoT smart broiler farming model for low-income farmers. *Int. J. Recent Contrib. Eng. Sci. IT (iJES)* 6(3), 95–110.

Qifeng L., Luyu J., & Qinyang Y. (2021). A method for weighing broiler chickens using improved amplitude-limiting filtering algorithm and BP neural networks. *Information Processing in Agriculture*, 8(2), 299–309.

Ruiz L., Lunadei L., Barreiro P., & Robla J. (2009). A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: State of the art and current trends. *Sensors*, 9(6), 4728–4750.

Saputra, D. I., Rohmat, A., Najmurokhman, A., & Fakhri, Z. (2020). Implementation of fuzzy inference system algorithm in brooding system simulator with the concept of IoT and wireless nodes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(3). 32-38.

Schomburg H., Malchow J., Sanders O., Knoll J., & Schrader L. (2022). Elevated platforms with integrated weighing beams allow automatic monitoring of usage and activity in broiler chickens. *Smart Agricultural Technology* 3(0).2-11.

Smith, D., Lyle, S., Berry, A., Manning, N., Zaki, M., & Neely, A. (2015). Internet Of Animal Health Things Opportunities and Challenges data and Analytics: Internet of Animal Health Things., 3 – 9.

Talavera, J. M., Tobón, L. E., Gómez, J. A., Culman, M. A., Aranda, J. M., Parra, D. T., Quiroz, L. A., Hoyos, A., & Garreta, L. E. (2017). Review of IoT applications in agroindustrial and environmental fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142(1), 283-297.

Wahhed, M. (2021). Enhancing The Ability Of Poultry Farming To Cope With Covid-19 Pandemic Using Lora Internet Of Things Technology. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies* 28(1), 260 – 263.

- Wathes C. (2007). The prospects for precision livestock farming. Royal Agricultural Society of England. (171). 26-31.
- Wicaksono, D., Perdana, D., & Mayasari, R. (2017). Design and Analysis Automatic Temperature Control in The Broiler Poultry Farm Based on Wireless Sensor Network. International Conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering. 450-454.
- Wibowo E., Wibisono A., Nawangsari S., & Suritalita A. (2018). Prototype Of Feeding Devices, Temperatures and Humidity Monitoring At Broiler Chickens Breeders With The Internet Of Things Concept. 2018 Third International Conference on Informatics and Computing (ICIC).
- Yanagi T., Silva E., Braga R., Lopes M., Damasceno F., & Silva G. (2011). Digital surface area assessment of broiler chickens. Engenharia Agricola, (31), 468-476.
- Zheng H., Zhang T., Fang C., Zeng J., & Yang X. (2021). Design and Implementation of Poultry Farming Information Management System Based on Cloud Database. Animals 11(3). 2-12
- Zin C., Gopal L., & Lin Y., (2017). Reconfigurable Smart Water Quality Monitoring System in IoT Environment. IEEE Computer society. 435-440.

## **VIII. ANEXO**

## ANEXO 1: GUÍA DE RENDIMIENTO HEMBRAS ROSS 308

### Male Performance

Day	Weight (g) <sup>1</sup>	Daily Gain (g)	Av. Daily Gain (g)	Daily Intake (g)	Cum. Intake (g) <sup>2</sup>	FCR <sup>3</sup>
0	44					
1	61	17			11	0.176
2	79	18		15	25	0.321
3	99	21		18	44	0.439
4	122	23		22	66	0.537
5	149	26		26	92	0.618
6	178	29		30	122	0.685
7	211	33	24	34	157	0.742
8	247	36	25	39	195	0.790
9	287	40	27	43	239	0.831
10	331	44	29	48	287	0.868
11	378	47	30	53	340	0.899
12	430	51	32	58	399	0.928
13	484	55	34	64	462	0.954
14	543	59	36	69	531	0.978
15	606	63	37	75	606	1.000
16	672	66	39	80	686	1.021
17	742	70	41	86	772	1.041
18	816	74	43	92	864	1.060
19	893	77	45	98	963	1.078
20	973	80	46	105	1067	1.097
21	1057	84	48	111	1178	1.115
22	1144	87	50	117	1295	1.132
23	1234	90	52	123	1419	1.150
24	1326	93	53	130	1548	1.167
25	1422	95	55	136	1684	1.185
26	1520	98	57	142	1827	1.202
27	1620	100	58	149	1975	1.219
28	1722	102	60	155	2130	1.237
29	1827	104	61	161	2291	1.254
30	1933	106	63	167	2458	1.271
31	2041	108	64	173	2630	1.289
32	2150	109	66	178	2808	1.306
33	2260	110	67	184	2992	1.324
34	2372	112	68	189	3181	1.341
35	2484	112	70	194	3376	1.359
36	2598	113	71	199	3575	1.376
37	2711	114	72	204	3779	1.394
38	2826	114	73	209	3988	1.411
39	2940	114	74	213	4201	1.429
40	3055	115	75	218	4419	1.447
41	3169	115	76	222	4641	1.464
42	3283	114	77	225	4866	1.482
43	3398	114	78	229	5095	1.500
44	3511	114	79	232	5327	1.517
45	3624	113	80	235	5563	1.535
46	3737	112	80	238	5801	1.552
47	3848	112	81	241	6042	1.570
48	3959	111	82	244	6286	1.588
49	4069	110	82	246	6532	1.605
50	4178	109	83	248	6780	1.623
51	4286	108	83	250	7030	1.640
52	4393	107	84	252	7281	1.658
53	4498	105	84	253	7534	1.675
54	4602	104	84	254	7789	1.692
55	4705	103	85	256	8044	1.710
56	4806	101	85	256	8301	1.727