



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Mortalidad embrionaria en incubadora artificial con control difuso para
la producción de la Súper Granja Sullana

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera de Sistemas

AUTORA:

Carmen Zapata, Milagros De Los Angeles (orcid.org/0000-0002-5240-2111)

ASESORA:

Mg. Ing. Quito Rodríguez, Carmen Zulema (orcid.org/0000-0002-4340-5732)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Información y Comunicaciones

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

PIURA - PERÚ

2020

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, QUITO RODRIGUEZ CARMEN ZULEMA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "MORTALIDAD EMBRIONARIA EN INCUBADORA ARTIFICIAL CON CONTROL DIFUSO PARA LA PRODUCCIÓN DE LA SÚPER GRANJA SULLANA", del (los) autor (autores) CARMEN ZAPATA MILAGROS DE LOS ANGELES, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Piura, 25 de julio de 2020

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
QUITO RODRIGUEZ CARMEN ZULEMA DNI: 02792435 ORCID 0000-0002-4340-5732	Firmado digitalmente por: CQUITOR el 25 Jul 2020 14:12:04

Código documento Trilce: 26049



Declaratoria de originalidad del/os autor/es



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, CARMEN ZAPATA MILAGROS DE LOS ANGELES estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "MORTALIDAD EMBRIONARIA EN INCUBADORA ARTIFICIAL CON CONTROL DIFUSO PARA LA PRODUCCIÓN DE LA SÚPER GRANJA SULLANA", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MILAGROS DE LOS ANGELES CARMEN ZAPATA DNI: 72384031 ORCID: 0000-0002-5240-2111	Firmado electrónicamente por: MCARMENZ el 25-07- 2020 14:18:06

Código documento Trilce: TRI - 0026050

Dedicatoria

El presente informe de investigación va dedicado a Dios por haberme permitido tener la paciencia y fuerza para poder superar los obstáculos que se me presentaron en el camino, a mis padres, por todo el esfuerzo y perseverancia, a mis hermanas, abuelos y familia por todo el apoyo, a mi asesor y docentes por cada una de las recomendaciones brindadas.

Agradecimiento

A Dios por permitirme llegar al momento más importante de mi vida la cual es terminar satisfactoriamente el presente trabajo de investigación.

A mis padres por ser el soporte y apoyo en cada momento de mi vida, y sobre todo por estar conmigo en lo difícil.

A mi profesora asesora Y a todos los profesores por impartir sus sabías enseñanzas.

A todas las personas que me ayudaron a cumplir esta gran meta.

Muchas gracias.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad del/os autor/es.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	11
III. RESULTADOS	14
IV. DISCUSIÓN.....	21
V. CONCLUSIONES	25
VI. RECOMENDACIONES.....	26
REFERENCIAS.....	27
ANEXOS.....	31

Índice de tablas

Tabla 1 Factores a considerar en el proceso de Incubación de embriones	6
Tabla 2 Instrumentos de recolección de datos	12
Tabla 6 Datos Obtenidos de la Temperatura (T°).....	14
Tabla 7 Datos Obtenidos de la Humedad Relativa (HR).....	15
Tabla 8 Especificaciones Técnicas de la Incubadora Artificial	16
Tabla 9 Mortalidad Embrionaria en Incubadora artificial con control difuso	18
Tabla 10 Mortalidad Embrionaria Temprana en Incubadora artificial.....	19
Tabla 11 Mortalidad Embrionaria Tardía en Incubadora artificial.....	20
Tabla 3 Características Técnicas DHT22	38
Tabla 4 Características Técnicas de SHT31	38
Tabla 5 Características Técnicas LCD 20*4	39

Índice de figuras

Figura 1 Atmega 328.....	39
Figura 2 Ventilador 5V.....	40
Figura 3 Servomotor TowerPro.....	40
Figura 4 Diseño de Temperatura	16
Figura 5 Diseño de Humedad Relativa	17
Figura 6 Diseño de Sistema de Volteo	18

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar la mortalidad embrionaria en una incubadora artificial con control difuso en la producción de la Súper Granja Sullana, para lo cual se empleó un diseño experimental de tipo cuasi – experimental. Mediante el sensor DHT22 se controló los factores de incubación regulando la temperatura entre 34.5°C y 38°C hasta mantenerla constante durante el desarrollo de incubación y, la humedad relativa se programó para que oscile entre 60% y 80%, con lo que se diseñó la incubadora artificial, con capacidad de 50 huevos, basado en los requerimientos técnicos que permite imitar el proceso de incubación natural con control difuso. Se determinó que el índice de mortalidad embrionaria temprana fue de 03 embriones y el índice de mortalidad tardía, considerados los últimos siete días del proceso de incubación, fue de 03 embriones, con lo que se concluye que la humedad relativa debe oscilar entre 60% y 80% para obtener un óptimo desarrollo del embrión, y la temperatura debe mantenerse en 37.5°C con la finalidad de oxigenar adecuadamente el embrión durante el proceso de incubación, demostrándose que el prototipo de la incubadora artificial con control difuso logra mantener los factores necesarios con el propósito de imitar el proceso de incubación natural.

Palabras clave: Mortalidad embrionaria, incubadora artificial, control difuso.

Abstract

The objective of the enquiry was to determine embryonic mortality in an artificial incubator with diffuse control in the production of super Granja Sullana, for which an experimental design of quasi-experimental type was used. Using the DHT22 sensor, the incubation factors were controlled by regulating the temperature between 34.5°C and 38°C until it was kept constant during the development of incubation and the relative humidity was programmed to vary between 60% and 80%. The artificial incubator, with a capacity of 50 eggs, was designed based on the technical requirements that allow it to imitate the natural incubation process with diffuse control. It was determined that the early embryonic mortality rate was 03 embryos and the late mortality rate, considered the last seven days of the incubation process, was 03 embryos, concluding that the relative humidity should oscillate between 60% and 80% to obtain an optimum development of the embryo, and the temperature should be maintained at 37.5°C in order to adequately oxygenate the embryo during the incubation process, demonstrating that the prototype of the artificial incubator with diffuse control manages to maintain the necessary factors in order to imitate the natural incubation process.

Keywords: Embryo mortality, artificial incubator, diffuse control.

I. INTRODUCCIÓN

La crianza para aves criollas es una actividad que se lleva a cabo en pequeñas y grandes avícolas, la cual requiere una infraestructura acondicionada para la principal etapa del proceso que es la incubación de huevos, etapa en la que el embrión se desarrolla y con el transcurrir del tiempo, se transformará en la especie adecuada. La cual requiere de un equipo denominado incubadora que permite empollar los embriones (Gualpa García, 2022). El diseño de un dispositivo de incubación proporciona un ambiente adecuado que replica y fomenta las condiciones naturales, asegurando la eclosión completa de todos los embriones fértiles. Además, ayuda a reducir los riesgos de enfermedades y contaminación al verificar los componentes superficiales que son fundamentales para este proceso. En el mercado existen diversos equipos que cumplen dicha función, pero cuyo costo es muy elevado lo que impide su adquisición en granjas avícolas de pequeña escala o individuos involucrados en la producción de aves. (Cheng, y otros, 2023).

Históricamente, según lo reportado por Ramírez Martínez (2023), La práctica de la incubación artificial se remonta a los siglos previos a la era cristiana, es decir, desde tiempos anteriores al año A.C y fueron los chinos y egipcios quienes la utilizaron por primera vez. El método de incubación utilizado por los chinos se caracterizó por el uso de capas y subcapas de abono y material arcilloso, que permitió el calor adecuado a través del fuego producido por el material utilizado y la manipulación de la ventilación en dichas capas; mientras tanto los habitantes de Egipto empleaban incubadoras construidas con tierra o barro, similares a ladrillos, cuyo modelo tiene similar diseño a las incubadoras actuales, las cuales permitían que de cada tres embriones incubados eclosionaban dos huevos, lo que constituía una tasa alta de nacimientos de la especie (Li, y otros, 2023) y (W.I., y otros, 2024).

Para Velez Barradas (2022), la mortalidad embrionaria se clasifica en mortalidad temprana, que es aquella que se produce durante el periodo de incubación que ocurre durante los primeros cinco días de incubación y se atribuye a deficiencias en los reproductores, y, en la tardía que se presenta durante el intervalo de incubación de 18 a 21 días, y que es causado por concentraciones altas de dióxido de carbono, y fallas o cambios en los factores clave de la incubación (como la temperatura, la humedad y el volteo) (Velez Barradas, 2022). Para evitar esta mortalidad embrionaria

se requiere el control de las condiciones del proceso de incubación, para lo cual existen diversas alternativas como por ejemplo la aplicación de la lógica difusa. Esta tecnología, según Cruz Gutiérrez et. al., (2018) Se emplea en aplicaciones que exigen datos precisos y que deben adaptarse a condiciones fluctuantes, los cuales resultan difíciles de prever, y entre ellos se tienen los cambios ambientales o desgaste de componentes físicos, de ahí que su empleo en el control de sensores de la incubadora es viable (Çetin, 2023).

La incubación natural de aves como gallinas, patos y pavos con la implementación de una incubadora artificial utilizando control difuso, que emplea métodos y técnicas adecuadas para proporcionar las funcionalidades básicas de la incubación natural, permitiendo imitar las condiciones con el fin de realizar un proceso de incubación de buena calidad, es necesario para la disminución de la mortalidad embrionaria de las aves, factor crítico y determinante del proceso (Raharja, y otros, 2022). Para Torrez Huacara (2021), obtener pollos de alta calidad con el menor índice de mortalidad posible, es el objetivo principal en cualquier empresa dedicada a este rubro, por lo que de él depende su nivel de producción y por ende su nivel de ganancias (Damaziak, y otros, 2021).

Por consiguiente, esta investigación se centró en responder la siguiente pregunta: ¿Cuál es la mortalidad embrionaria en una incubadora artificial con control difuso para la producción de la Súper Granja Sullana?, asimismo esta pregunta general permitió derivar en las siguientes preguntas específicas: ¿Cuáles son los factores de incubación que permitirán evaluar la mortalidad embrionaria a través del control difuso?, ¿Cómo se puede obtener el índice de mortalidad embrionaria temprana y tardía en una incubadora artificial con control difuso?

Esta investigación que busca medir la mortalidad embrionaria a través del control de las condiciones de incubación con el uso de la lógica difusa, se justifica por la mejora del proceso reduciendo la mortalidad embrionaria identificando en qué etapa se presenta con mayor regularidad o qué condiciones la determinan, identificándose los posibles diagnósticos de problemas embrionarios que impiden su llegada al proceso de eclosión (Z., y otros, 2020). El método utilizado en esta investigación proporciona información de referencia para profesionales, investigadores y empresarios interesados en los porcentajes de mortalidad embrionaria en sus diferentes etapas

(temprana y tardía), así como las causas que la provocan, sin embargo, mediante la implementación de un sistema basado en lógica difusa que gestione el control de los sensores en una incubadora (Tobar Vera, y otros, 2020). Además, esta investigación presenta relevancia social, porque contribuye a mejorar el proceso de incubación en granjas considerada como micro o macro empresas controlando los factores que favorezcan lograr una mayor producción de nacimientos y por esta forma mejorar sus rendimientos económicos (de Paula, y otros, 2023).

De este modo, el objetivo general de la presente investigación fue: Determinar la mortalidad embrionaria en una incubadora artificial con control difuso en la producción de la Súper Granja Sullana, y del objetivo general se derivan los siguientes objetivos específicos: Describir los factores de incubación para evaluar la mortalidad embrionaria a través del control difuso, Diseñar la incubadora artificial con control difuso basado en los requerimientos técnicos que permite imitar el proceso de incubación natural y Determinar el índice de mortalidad embrionaria temprana y tardía en una incubadora artificial con control difuso.

Entre las investigaciones anteriores, que brindan respaldo a este estudio el artículo de Huertas et. al., (2020), determino el impacto del tiempo de almacenamiento anterior en el desarrollo embrionario y la calidad de la especie, por lo que realizó un diseño de investigación experimental donde se llegó a la conclusión que la muerte embrionaria tardía, considerada de diecinueve a veintiuno días, con un porcentaje del 9,8% la mortalidad embrionaria media de ocho a dieciocho días fue de 5,3% y terminando con una mortalidad temprana con 3,5%. En esta investigación permitió determinar la duración adecuada de almacenamiento que un embrión debe tener antes de iniciar la incubación para lograr una calidad superior al momento de la eclosión del huevo.

De forma similar Martínez Panche (2017), desarrolló una investigación en Tolima – Ibagué, con el propósito de identificar los parámetros que perjudican de manera pronta la ventana eclosionaría facilitando la determinación del estado final del pollo durante el proceso de incubación. En esta investigación se tuvo como punto de partida la metodología de Cobb Vantres examinando las variables que se desarrollan mediante la incubación, observando las variables Temperatura(T°), Humedad Relativa(HR) y almacenamiento (días) y el proceso de giro de los huevos en el interior

de las incubadoras, obteniendo como conclusión que el procedimiento de la ventana de nacimiento posibilita mirar la eficiencia de la eclosión, señalando la forma adecuada la existencia de anomalías en la producción o si está en óptimas condiciones para preparar un inicio productivo y efectivo. Su contribución sirvió para identificar los factores principales para la incubación artificial, tomando como referencia el proceso de incubación natural, donde estos factores son regulados mediante la lógica difusa que facilitó una eclosión exitosa de los embriones.

En la investigación desarrollada por Cruz Gutiérrez et. al., (2018) en el Departamento de Lima – Perú, presentaron la implementación y diseño de un sistema usando lógica difusa, donde permite mantener de forma constante la T° en el interior de un prototipo de incubación, se mantiene estable en aproximadamente $37.5 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Con el método aplicado sobre análisis de sistemas con control difuso, se llegó a la conclusión que este sistema se encuentra en la capacidad de proporcionar permanentemente la temperatura como factor necesario cuando se desarrolle el proceso de incubación, aun si dicho sistema es sujeto a perturbaciones del exterior. Su contribución es la implementación del control difuso que permita controlar un factor crítico durante el desarrollo del proceso de incubación el cual también depende del embrión, así mismo como incluir otros factores en dicho proceso.

El desarrollar investigaciones dentro del campo de la incubación de embriones requiere diversos conceptos, como el término incubación, que según Vélez Barradas (2022), la palabra derivada del latín “incubadore” que significa “acostarse sobre”. Se basa en otorgar al huevo fértil: temperatura, ventilado, nivel de humedad y volteo, siendo las condiciones de suma importancia con el fin de que el embrión durante el proceso de inicio a su transformación y este se proporcione los nutrientes del huevo hasta que se complete su desarrollo y se transforme en su especie correspondiente. Este proceso de incubación puede ser natural o artificial, siendo esta última la más relevante en términos comerciales. Para la incubación artificial se requiere la implementación de una incubadora, donde Flores-Bueno et. al. (2023), lo define como todo aparato que brinda un ambiente acondicionado con los factores requeridos de temperatura, humedad y volteo, lo que permite la reproducción o el desarrollo de los embriones.

Los factores o variables necesarias durante las etapas de incubamiento de un embrión son descritos por Gualpa García (2022), los cuales son: temperatura, humedad relativa y volteo. En el mismo contexto encontramos a López Pinela et. al., (2024) indicando los diferentes factores necesarios para el proceso de incubación: peso, calidad de la cáscara y pérdida de humedad que permiten determinar el porcentaje de mortalidad embrionaria. Asimismo, por medio del cambio del calor entre la sustancia del aire y los huevos, permite que produzca el calentamiento mediante la evolución de la incubación artificial. Originando de ahí la T°, siendo esta el factor primordial durante el desarrollo de incubación. De acuerdo con Martínez Nuño et. al., (2020), la temperatura debe mantenerse entre 37°C y 38°C. Es crucial disminuir la temperatura en los últimos dos o tres días del proceso, o hacer que este factor sea ajustable durante la incubación del embrión. La temperatura es un factor determinante, ya que influye en la tasa metabólica y en la velocidad de desarrollo del embrión.

El modelo de la máquina de incubación multietapa permite al factor temperatura permanecer constante. Peña Arbeláez (2022), un excelente proceso de incubación y de perfectas condiciones en un embrión tiene que ver mucho con el tipo de incubadora utilizada. Las recomendaciones de los fabricantes sobre las temperaturas más altas o bajas resultan en desarrollos más rápidos o lentos, lo que a su vez provoca una disminución en la incubabilidad. En el tipo de incubación de una etapa, los grados de temperatura pueden ser controladas de forma intencional durante el embrión en crecimiento y para el establecimiento de los grados de calor, se empieza por altas temperaturas la cual va disminuyéndose en fases posteriores hasta llegar a su transferencia de especie.

Además, al comienzo de la incubación, se observa una relación entre la temperatura interna y los embriones, dichos genes incubados no están dispuestos de forma funcional (ni orgánicamente) para transmitir de nuevo calor. Dichos organismos embrionarios son de sangre fría, es decir cuando tiende a subir la temperatura, propende a incrementarse el metabolismo, por lo que si los grados de temperatura empiezan a disminuir el metabolismo disminuye. El aumento de la temperatura favorece el incremento las membranas embrionarias tales como: (amnios, saco vitelino, alantoides, corion), la reproducción celular, y la creación de capas, y por ende el desarrollo de los embriones.

Durante el tiempo del proceso de incubación sostener los grados de temperatura no es un proceso sencillo, por lo que es necesario ajustar casi todos los sistemas y utilizar las herramientas adecuadas para gestionar el proceso de incubación. Para mantener un nivel óptimo de temperatura dentro de la incubadora durante el proceso de incubación, es crucial asegurar una comunicación precisa entre cada sistema y los factores clave (humedad, temperatura y volteo), siendo 37.5° C (100° F) los grados de temperatura ideales. La descripción de los factores, según la especie a incubar, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Factores a considerar en el proceso de Incubación de embriones

(Tipos) Aves	N° de Días de Incubación	Temperatura de incubación	(HM) Humedad relativa	Volteo del Huevo (min de cantidad por día)
T1: Gallina	De 1 - 21 extendiéndose a 22	37.5°C	60% tendiendo a subir.	Cuatro veces por día.
T2: Codorniz	De 16 a 17	37.5° a 38.3°C.	60% desde el 1 día hasta el 14vo. y tendiendo a elevarse hasta la eclosión al 90%	Dos veces por día.
T3: Pato	De 28 a 38	20° a 21°C.	55% extendiéndose a 75% durante los tres últimos días.	Tres (por un espacio de 8 hrs. Cada vez).
T4: Avestruz	De 1 - 39	36° a 36.5°C.	20% y 30%	Ocho a Diez veces por día.

(Rodríguez-Cruz, y otros, 2018)

Otro factor importante es la Humedad Relativa (HR), según Prado-Rebolledo et. al., (2017) la humedad relativa es crucial en el proceso de incubación, ya que el embrión requiere un nivel adecuado de humedad para desarrollarse y eclosionar con un tamaño apropiado. Un control preciso del porcentaje de humedad permitirá que el embrión se deshidrate de manera óptima. La fase de transición de líquido en los huevos, y la T° de ellos, necesitan de la humedad relativa que otorga el viento, por lo que a una mayor temperatura se obtendrá una suma más alta de fluidos de H2O y a menos temperatura del aire, se tendrá como consecuencia un aire que no contiene agua, a causa de ello se origina una dificultad, como resultado se obtendrá una

pésima o baja conductancia eléctrica de temperatura, siendo indispensable humectarlo para obtener el recalentamiento en los embriones (Martínez Panche, 2017).

De acuerdo con Camacho Chamba (2023), El sistema de distribución de aire produce tanto el aire como la humedad en las máquinas, ocasionando consecutivamente la volatización y dispersión para cada posición dentro de la cámara de incubación. En otra parte, Prado-Rebolledo (2017), la incubadora crea un microclima alrededor de los embriones, lo cual es crucial debido a la influencia que tiene en su entorno. Se determina que ciertos huevos tienden a evaporar mayor H₂O que el resto, estableciendo una relación a través de los organismos embrionarios y los huevos de distintos aspectos de desarrollo de embriones. Es de gran utilidad, mientras se da la incubación, contar con el factor humedad de manera constante e interna en la maquina porque los embriones tienden a disminuir la presencia del agua durante el proceso, de la misma manera el tiempo permite comprobar el % de mortandad de estos, por lo tanto, es necesario considerar el aumento de la humedad durante el proceso de transferencia para facilitar la eclosión del huevo de la especie.

Asimismo, cuando se permite una deshidratación acelerada, se producirán problemas, resultando un pollo de menor tamaño del esperado, por tal razón, se tendrá la especie más pequeña y siendo los más vulnerables y perecerán antes o durante la eclosión. Una deshidratación extremadamente lenta del contenido del huevo resulta en pollos muy desarrollados, estas especies de aves son de tamaños excesivos la cual no se encuentran en la capacidad de generar movimiento dentro de un huevo cuando se encuentran en el proceso de eclosionar. Esto resulta precisamente en que, si a un huevo se le otorga un deshumedecimiento lento o rápido el embrión tenderá a enervar, o sea simboliza que la proporción de eclosiones sea mínima y que las aves no sean de buena calidad. Mantener una humedad adecuada y controlada permitirá que el embrión del huevo tenga el espacio de aire correcto. Además, el pollito dispondrá del espacio suficiente para moverse y romper la cáscara en la parte superior del huevo al eclosionar.

El tercer factor importante es el volteo de huevos, el cual diferentes tipos de aves Lo hacen durante su incubación en el entorno donde construyen su nido. Las aves construyen sus nidos instintivamente, ya que la naturaleza les ofrece el entorno ideal

para la incubación. Como menciona Martínez Panche (2017), el giro o volteo es fundamental en la incubación, por lo que en la incubadora artificial es necesario tomarlo en cuenta, ya que durante las dos primeras semanas desde el inicio del proceso de incubación, el volteo de los huevos desempeña un papel muy importante, en el caso que no se ejecute este proceso durante el tiempo establecido, tenderá a elevarse el porcentaje de mortalidad del embrión por no llegar a sellarse el saco amniótico. Mientras en los primeros cinco días el giro de huevos desempeña el papel de ayudar al embrión a colocarse en la posición correcta y de prevenir que se adhiera a la cáscara.

El transcurso del giro de huevo la cual se tiene que ejecutar cada una o dos horas y los embriones se deben encontrar a una postura de 45° , con la finalidad de permitirle al embrión estar expuestos a una nutrición y a la oxigenación, y no permitir que tengan fricción con el cascaron y se queden adheridos a dicho embrión originándose mortalidad. El giro en la semana 1 de incubamiento autoriza el desarrollo adecuado en las membranas embrionarias, por otra parte, en la semana final se previene la inadecuada posición embrionaria. En caso de que el embrión no se voltea, la yema se despliega hacia la parte superior e impulsa al embrión cerca de la cascaron. En el caso de desplazarse la yema y elevarse lo necesario, el embrión quedará atascado entre la yema y el cascarón, por lo tanto, hace que el embrión del huevo sufra alteraciones u ocasionar la muerte. Realizando el giro del huevo, la yema se posiciona retirada de la cáscara, por lo que es necesario para su próximo volteo. La carencia del giro brinda como consecuencia la ubicación de la cabeza en la parte extrema y pequeña del huevo.

No cumplir con los factores o condiciones de incubación generan la mortalidad embrionaria, la cual como explica Camacho Chamba (2023), es crucial evaluar los embriones desde el primer paso del diagnóstico en huevos no eclosionados, ya que esto ofrece una visión general sobre cuáles han muerto desde el inicio de la incubación, además de aquellos que fueron transferidos en el día 18. Por lo consiguiente, de Paula et. al., (2023) menciona que es muy primordial saber si la mortalidad se dio en los primeros días, últimos días o incluso al mismo tiempo, dependiendo de los factores que han sido evaluados, para ello, es necesario disponer de los datos del miraje de los huevos, así como evaluar el tiempo necesario para diferenciar entre mortalidad embrionaria e infertilidad en los embriones de los huevos

puede variar según el método de diagnóstico y las condiciones específicas de incubación. Generalmente, se puede comenzar a distinguir estas condiciones después de varios días de incubación, observando signos de desarrollo embrionario o la falta de ellos los cuales deben ser inspeccionados durante las primeras fases de incubación (Caro Calderón, 2023). Después de 21 o 22 días de incubación, la presencia de las capas ectodermo, mesodermo y endodermo, conocidas como anexos embrionarios, indica que el huevo con su embrión no se clasifica como infértil, ya que estos embriones muestran un estado más avanzado. El sistema de miraje es crucial porque, al momento de la transferencia, permite diagnosticar el tipo de mortalidad que ha afectado al embrión. (Kolanczyk, 2022).

De manera similar, mediante el miraje entre 8 y 10 días de incubación es posible evaluar la mortalidad embrionaria temprana. Esto se refiere al porcentaje de embriones que mueren durante las etapas iniciales de incubación, justo después del pico de mortalidad de los primeros días (Rodríguez Torres, y otros, 2021). El miraje no puede distinguir entre los embriones de huevos infértiles y los de huevos fértiles cuyos embriones no han reanudado su desarrollo al inicio de la incubación.

La mortalidad embrionaria tardía, que ocurre en los últimos 7 días de incubación (del día 15 al 21), representa la segunda etapa de mortalidad. Este período es crucial para determinar el porcentaje total de mortalidad. Algunas empresas dividen esta mortalidad tardía en dos categorías: los últimos 3 o 4 días, lo que permite una identificación más precisa de problemas específicos y la aplicación de correcciones más efectivas (Rodríguez-Cruz, y otros, 2018).

El control de los factores de humedad relativa, volteo y temperatura, que pueden afectar la mortalidad embrionaria, pueden ser monitoreados a través de la lógica difusa. La inteligencia computacional es una técnica que busca simular la conducta del ser humano presente en la toma de decisiones, eligiendo datos ambiguos y generando contestaciones precisas. En la actualidad se cuenta con la utilización de sistemas con control difuso, desarrollados en distintas áreas de trabajo y de aprendizaje, todos estos con enfoque académicos e industriales (Dutta, y otros, 2021).

El control difuso ha ganado gran popularidad debido a la diversidad de sus aplicaciones y ejecuciones, dándose inicio a partir de la anotación de complicados procedimientos empresariales e industriales, finalizando con la fabricación de

artefactos artificiales con ilación automatizada, así mismo la fabricación de aparatos electrónicos con diferentes usos (entretenimiento, hogar, etc.) y el diagnóstico de sistemas, Con el paso del tiempo, se han desarrollado proyectos de gran importancia en el análisis de datos electrónicos. (Morales Luna, 2002). Datos electrónicos que pueden ser recogidos mediante los sensores instalados en el interior de la incubadora artificial.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo, enfoque y diseño de investigación

El diseño de investigación utilizado fue el diseño experimental de tipo cuasi – experimental, en el cual se aplicó variaciones a los factores determinantes durante el desarrollo del proceso de incubamiento de los embriones como la Temperatura y la humedad, los que fueron posteriormente comparados con el resultado de la variable dependiente de mortalidad temprana o tardía de embriones. El experimento se llevó a cabo durante la producción de Abril – Julio.

Esquema del diseño Cuasiexperimental utilizado:

$$G_C: O_{Y1}--- O_{Y2}$$

$$G_E: O_{Y1}--X-- O_{Y2}$$

Donde:

G_C : Grupo Control

O: Observaciones de los indicadores.

G_E : Grupo Experimental

X: Incubadora con Control Difuso

2.2. Variables

Variable dependiente: Mortalidad Embrionaria

Definición conceptual: Los embriones tienen un diagnóstico de mortalidad embrionaria que ofrece una visión general o amplia sobre los animales que murieron al inicio o al final del período de incubación (de Paula, y otros, 2023).

Definición operacional: Para la medición de esta variable, se consideró como indicadores el valor (cantidad) de embriones que perecen (mueren) en 1 a 7 días de incubación (mortalidad temprana) y el valor (cantidad) de embriones que mueren en 15 a 21 días de incubación (mortalidad tardía).

Variable independiente: Incubadora con control difuso

Definición conceptual: El equipo que proporciona al huevo fértil calor, humedad y volteo, esenciales para que el germen se desarrolle en embrión, es conocido como incubadora artificial (Easwaran, y otros, 2021).

Definición operacional: Para el cálculo de esta variable, se consideró como indicadores la humedad de la Incubadora y la temperatura de la incubadora

2.3. Población y Muestra

La muestra del estudio estuvo constituida por un tamaño de 50 huevos, considerándose esta cantidad por la capacidad del prototipo de incubadora artificial desarrollado, los cuales estuvieron dentro de la misma por 21 días, tiempo en el que se midieron las variables de estudio. La incubadora artificial con control difuso fue diseñada e instalada en la “Súper Granja” de la ciudad de Sullana.

2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Tabla 2 Instrumentos de recolección de datos

VARIABLES	INDICADORES	TECNICA	INSTRUMENTO
Incubadora artificial con control difuso	Temperatura	Observación	Ficha de observación
	Humedad		
Mortalidad embrionaria	Cantidad de embriones que mueren en los primeros días de incubación.	Observación	Ficha de observación
	Cantidad de embriones que mueren en los últimos del proceso de incubación.		

Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

2.5. Métodos de Análisis de Datos

Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva representando los factores evaluados en gráficos de barras, tablas de frecuencia y sectores. Dentro de la estadística descriptiva se utilizó las medidas de tendencia central como la media y las medidas de dispersión como la desviación estándar, lo que permitió realizar el análisis de datos recolectados.

2.6. Aspectos Éticos

Para la ejecución de la presente investigación se consideraron los siguientes aspectos éticos:

Como factor primordial, se consideró la privacidad y seguridad por la base teórica, los resultados obtenidos sean ciertos, además, teniendo en cuenta las referencias establecidas con derecho a autenticidad por normas ISO 690 y finalmente la protección a la identificación de los participantes que aportaron al estudio, o que pudieron colaborar y ser parte del estudio.

III. RESULTADOS

La obtención de resultados se realizó con la implementación de la incubadora artificial con control difuso, teniendo en cuenta los materiales, herramientas y el software que permitió tener el control de los diferentes sensores y periféricos externos, de forma tal que se midieron los factores de humedad y temperatura para luego determinar la tasa de mortalidad temprana o tardía.

Factores de incubación para evaluar la mortalidad embrionaria a través del control difuso.

Los factores principales que afectan el proceso de incubación, y que fueron parte de esta investigación, son la temperatura (T°) y la humedad relativa (HM), los cuales fueron programados a través de sensores para cumplir el control difuso de la incubadora. Para tal fin se utilizó el software Arduino con lenguaje C.

Temperatura (T°)

Tabla 3 Datos Obtenidos de la Temperatura (T°)

Día N°	Temperatura	Día N°	Temperatura
1	38°	12	37.5°
2	36.5°	13	37.5°
3	34.5	14	37.5°
4	37.5°	15	37.5°
5	37.5°	16	37.5°
6	37.5°	17	38.5°
7	37.5°	18	36.5°
8	37.5°	19	39.5°
9	37.5°	20	37.5°
10	37.5°	21	37.5°
11	37.5°		

Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

Se utilizó el sensor DHT22, para obtener los datos durante los 21 días de incubación de los huevos. Este sensor, basado en las especificaciones, mencionadas en la

Tabla N° 4, fue programado para la captación de la temperatura, la cual fue registrada en la Guía de observación N°1.

Humedad Relativa (HR)

Tabla 4 Datos Obtenidos de la Humedad Relativa (HR)

Día N°	Humedad	Día N°	Humedad
1	60%	12	60%
2	60%	13	60%
3	60%	14	60%
4	60%	15	60%
5	60%	16	60%
6	60%	17	60%
7	60%	18	65%
8	60%	19	65%
9	60%	20	75%
10	60%	21	80%
11	60%		

Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

La obtención de este factor se dio a través de la programación del sensor SHT31. Ambos sensores miden los factores evaluados de temperatura y humedad, respectivamente, tomando en cuenta la precisión de datos y diferenciándolos a través de sus características técnicas, lo que luego permitió determinar la mortalidad temprana y tardía en la incubadora artificial.

Diseño de la incubadora artificial con control difuso.

El diseño de la incubadora artificial contó con las especificaciones técnicas que se presentan en la Tabla N°8:

Tabla 5 Especificaciones Técnicas de la Incubadora Artificial

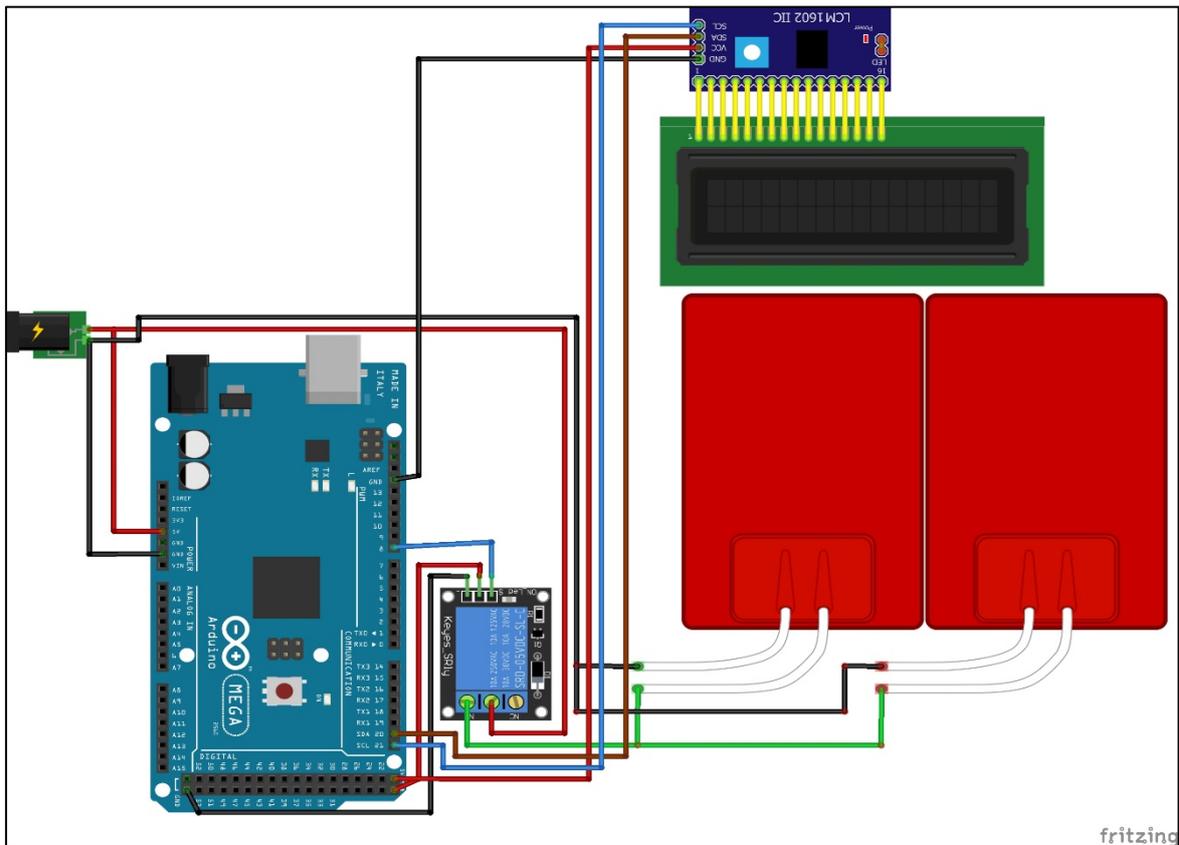
CARACTERÍSTICAS	VALOR
Voltaje total de alimentación	220 voltios / 60 Hertz
Consumo total de potencia	289.45 Watts/Hora
Medidas de la incubadora	46x36x30 cm
Capacidad de huevos de pollo	50 huevos
Ángulo de volteo de recipientes	45°
Temperatura de incubación	37.5 °C
Humedad de incubación	60% tendiendo a subir

Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

De acuerdo con las especificaciones antes mencionadas, se llevó a cabo, a través de la Programación Arduino con control difuso, se logró mantener los factores Temperatura, Humedad Relativa y el Sistema de Volteo. A continuación, en las Figuras N° 4, 5 y 6 se muestra el diseño del circuito de cada uno de los factores primordiales durante el desarrollo del proceso de incubación.

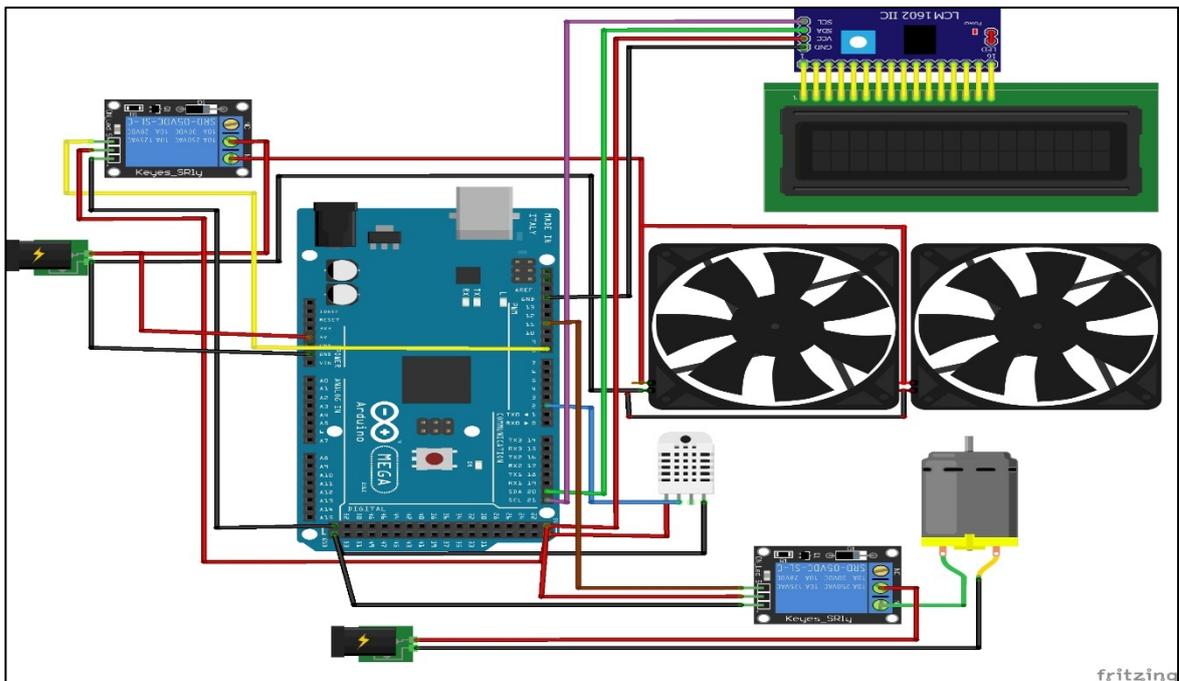
Cada sensor programado para cumplir la función encargada durante el proceso, sensor DHT22 empleado para la Temperatura, sensor SHT31 utilizado para medir la Humedad Relativa y finalmente servomotores que cumplieron la acción de ejecutar el volteo de los huevos, durante los 21 días del proceso ya mencionado.

Figura 1 Diseño de circuito para control de la Temperatura



Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

Figura 2 Diseño de circuito para control de Humedad Relativa



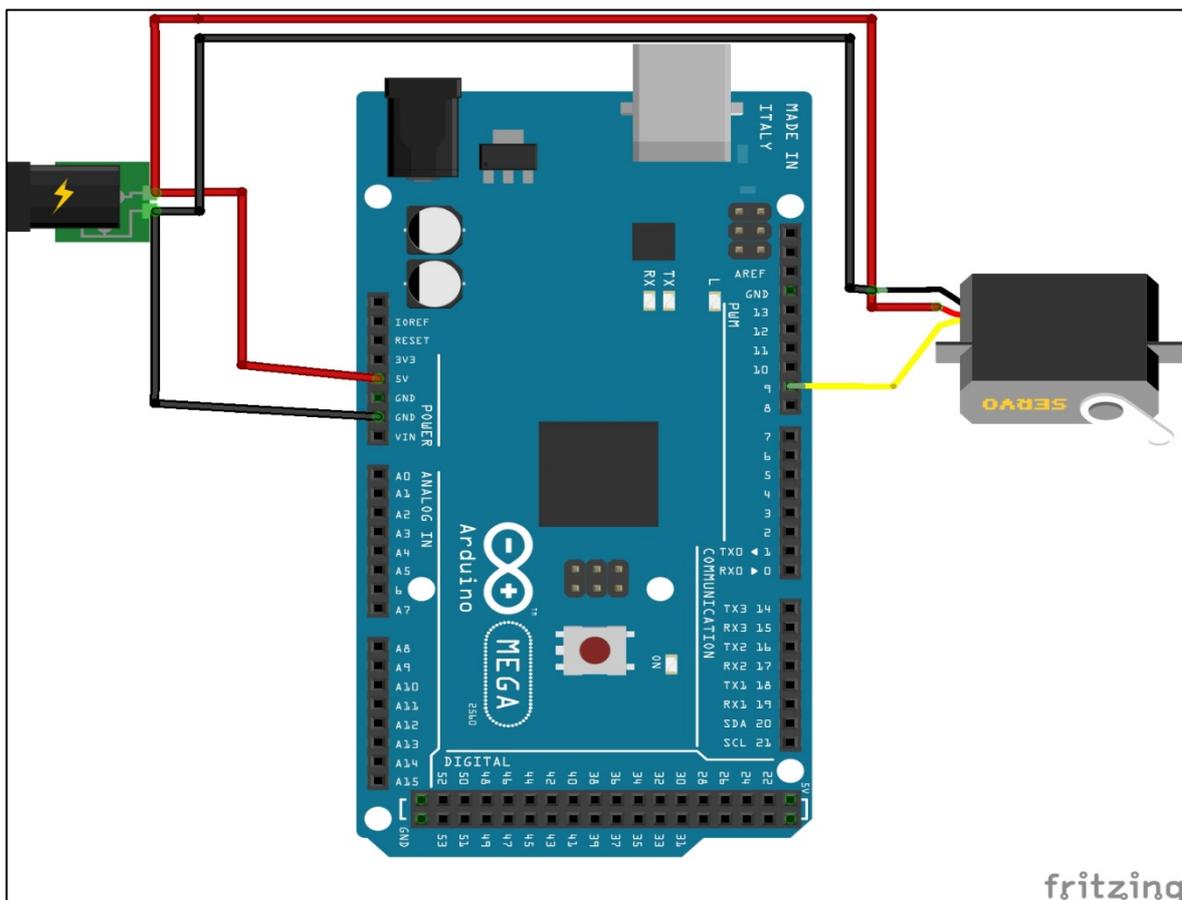
Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

Figura 3 Diseño de circuito para el Sistema de Volteo

Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

Índice de mortalidad embrionaria temprana y tardía en una incubadora artificial con control difuso.

Tabla 6 Mortalidad Embrionaria en Incubadora artificial con control difuso



Mortalidad Embrionaria

Media	0.285714286
Error típico	0.101015254
Rango	1
Mínimo	0
Máximo	1
Suma	6
Cuenta	21
Nivel de confianza (99.0%)	0.287422715

Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

Cantidad de embriones que mueren en los primeros días de incubación.

Tabla 7 Mortalidad Embrionaria Temprana en Incubadora artificial

Mortalidad Temprana	
Media	0.008748785
Desviación estándar	0.010104682
Varianza de la muestra	0.000119122
Rango	1
Mínimo	0
Máximo	1
Suma	3
Cuenta	3

Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

En los 7 primeros días que corresponde a la mortalidad temprana, se tiene una cantidad de 3 embriones muertos, lo que equivale a un promedio de 0.0087 de un total de 50 embriones que iniciaron el proceso de incubación, además, se visualiza que existe una mortandad de un embrión en cada uno de los tres primeros días, debido a problemas de los reproductores, por lo que se observa una elevación de temperatura inicial, que es adquirida por los huevos incubados, y luego, con la ayuda del control difuso, se logró estabilizar la temperatura ambiente de la incubadora.

Cantidad de embriones que mueren en los últimos del proceso de incubación.

Tabla 8 Mortalidad Embrionaria Tardía en Incubadora artificial

Mortalidad Tardía	
Media	0.009319707
Desviación estándar	0.010764438
Varianza de la muestra	0.000135185
Rango	1
Mínimo	0
Máximo	1
Suma	3
Cuenta	3

Autor: Carmen Zapata Milagros de los A.

Durante los 7 últimos días del proceso de incubación, se registró la mortalidad tardía a través de la Guía de Observación, en la que se obtuvieron 3 embriones con mortandad durante dicho periodo lo que representa un promedio de 0.0093 de un total de 47 huevos. Además, se observó variaciones de temperatura y humedad relativa, las cuales, generalmente tienden a aumentar en los últimos días.

Al finalizar el proceso de incubación se obtuvieron 44 huevos de un total de 50 huevos que se colocaron en la incubadora artificial con control difuso.

IV. DISCUSIÓN

Para la presente investigación, se buscó diseñar e implementar una incubadora artificial con control difuso con el fin de controlar los factores de temperatura y humedad relativa y de esta forma determinar las cantidades de embriones que mueren en sus distintos tipos (mortalidad temprana y tardía), se tuvo como principal fuente los resultados obtenidos los cuales fueron contrastados con las investigaciones previas relacionadas con la elaboración de incubadoras artificiales con control difuso para diferentes producciones de especies. Un factor importante en el proceso de incubación es el control de la temperatura durante los 21 días que dura la incubación (S.W.P., y otros, 2021). Este factor fue controlado a través del sensor DHT22, especificando que la temperatura fluctúe entre 34.5°C y 38°C, según la tabla de los factores que se deben considerar teniendo en cuenta la especie. Para Rodríguez-Cruz et al., (2018), nos dice que la temperatura debe mantenerse en 37.5°C, pero esta temperatura no se mantiene constante debido a que su temperatura inicial la toma del exterior en el momento que son ingresados los embriones al proceso de incubación, la incubadora toma los embriones y regula según la programación de los sensores, ambientando la temperatura hasta mantenerla constante durante el desarrollo de incubación; y el otro factor determinante es la humedad relativa, la cual se programó para que oscile entre 60% y 80%. En ese mismo sentido lo argumenta Dutta (2021) con respecto a la optimización de la temperatura y humedad relativa. Es así que, Gualpa García (2022), considera como factor de afectación de la mortalidad embrionaria al tiempo previo de almacenamiento, pero a diferencia de esta investigación, incluye además factores como la calidad de la especie, peso, fertilidad, incubabilidad, mortalidad y peso del pollito como factores determinantes, esta investigación no considero el peso de embrión y del pollo porque son factores que permiten evaluar la calidad de la especie, por lo tanto lo que se buscó en esta tesis es determinar a través de los factores antes mencionados la mortalidad embrionaria durante el proceso de incubación, y como factor constante los 21 días del proceso mencionado, esta investigación relaciona la variable calidad de la especie con el tiempo previo de almacenamiento, que a diferencia de esta investigación se tomó como variables la temperatura y humedad para obtener la mortalidad embrionaria de los huevos. En

este mismo contexto Martínez Panche (2017), considera como factores: la Temperatura, Humedad Relativa, el almacenamiento (días) y el proceso de giro de los huevos dentro de las incubadoras permitiendo determinar la influencia que se encuentra entre las variables de la mortalidad embrionaria y los nacimientos que se daban en la planta de incubación, utilizando una máquina “Buckeye Genesis” que permitió mantener las condiciones necesarias de dicho proceso, en contraste a esta investigación los dos primeros factores los cuales a través de la implementación de la incubadora con control difuso se logró acondicionar el ambiente necesario, teniendo en cuenta que los factores tienden a incrementar por el crecimiento de los embriones durante el proceso, y los dos últimos son factores constantes durante el proceso de incubación permitiendo en las primeras semanas que se desarrollen de forma adecuada las membranas extraembrionarias y en las últimas semanas realizando dicha acción se logra el posicionamiento del pollo, esto se consideró debido a que el proceso del giro del huevo se debe dar de dos a cuatro veces en el día para que el embrión no se adhiriera al cascarón, y el tiempo de almacenamiento se consideró de 21 días de acuerdo a la especie elegida.

El diseño de la incubadora artificial basado en los requerimientos técnicos que permite imitar el proceso de incubación natural con control difuso utilizando diferentes sensores que permitan mantener la temperatura, humedad y volteo de huevos en forma constante con la programación y precisión de estos, siendo capaces de que, si existiera elevaciones entre los factores realiza la acción de volver a su estado necesario para continuar con el proceso de incubación. Además, permite incubar hasta 50 huevos, esto producto de las dimensiones de la misma, contando con un sistema de suministro de energía como respaldo en el caso de corte de fluido eléctrico, teniendo como limitación solo para uso de huevos de pollo, especificación que difiere de la investigación de Hyderabad (2023), quien determina los factores de incubación de forma directa mediante el método natural considerando 4 nacimientos programados a la semana con una población de 16 nacimientos, el autor recomienda la utilización del control difuso para la precisión de factores, además, propone realizar inspecciones la cual permite determinar el nacimiento satisfactorio de los pollitos, tanto como en las 456 y 504 horas del proceso de incubación.

Asimismo, Cruz Gutiérrez (2018), en el prototipo diseñado basado en lógica difusa utilizando el diseño de control Fuzzy con un microcontrolador de 8bits, permitiendo mantener sus factores para su eclosión de forma constante, considerando como factor principal la temperatura, no incluyendo la humedad relativa como factor determinante para el proceso de incubación, teniendo como especie incubable los embriones de codorniz, manteniendo una capacidad de 600 huevos, siendo según los resultados de esta investigación determinante debido que permite llegar a una eclosión de calidad, además, puede influir en el porcentaje de mortalidad porque no permite el crecimiento necesario. Asimismo, de determinantes es el volteo de los huevos, lo argumenta Tobar Vera (2020), de la misma forma Camacho Chamba et. al., (2023), utilizo en su investigación una incubadora automática del modelo FVH, con una capacidad de 540 huevos considerando por el sistema randomizado la cual a través de esta logró mantener los factores previos de la incubación. También García Santos (2021) hace hincapié acerca de la Caracterización física y desempeño de incubación artificial, de la misma manera que Torrez Huacara (2021), que en su investigación presenta los parámetros básicos de incubación para garantizar la eclosión de los huevos de gallina incluyen el control de los factores que afectan el desarrollo embrionario, como temperatura, humedad, volteo y ventilación. El resultado más destacado de este estudio es la gestión de estos factores, también lo secunda Cantos Cruz (2021) en su estudio, haciendo un análisis comparativo de estos factores, en ese mismo sentido el aporte de Vélez Barradas (2022) en cuanto a estos Parámetros de incubación, tomando en cuenta el huevo criollo de la costa de Oaxaca, finalmente el aporte significativo en esas mismas consideraciones de Ramírez Martínez (2023) en Incubación de huevos de gallina mediante incubadoras caseras y de Mohlalisi (2024) en ese mismo sentido también aporta sobre estos factores.

En relación con el índice de mortalidad embrionaria temprana y tardía en una incubadora artificial con control difuso, se observó que el número de embriones que murieron en los primeros siete días de incubación fue de 3, mientras que la cantidad de embriones que fallecieron en los últimos siete días del proceso de incubación, fueron 3, esta investigación tomó como medida dos tipos de mortalidad: temprana, que se evaluó a través de los 7 primeros días la cual se determinó que en los tres primeros días se da mortalidad ocasionada por problemas de los reproductores y

tardía los 7 días finales la cual se debe tener la exactitud de los sensores para soportar el elevamiento de estos factores durante el proceso, situación similar que se describe en la investigación de Raharja (Raharja, y otros, 2022), y Aryanto et. al. (Aryanto, y otros, 2024) que lo describe en su sistema inteligente en el desarrollo de la incubadora. También en cuanto a la calidad del aire, humedad Easwaran (2021), evalúa la mortalidad embrionaria en tres tipos: temprana (7 días), media (10 días) y tardía (3 días), menciona que a pesar de que sólo evaluó los 3 últimos días como parte de la mortalidad tardía obtuvo una mortalidad de 9.8% detectando a través del proceso de embriodiagnosís que se verificó a través de la ruptura de todos los huevos que no eclosionaron y en este caso se obtuvo un resultado de 6%, habiendo una diferencia de 3.8% lo que se podía concluir que sobreviven dos embriones más por cada 50 embriones considerados en la muestra, esto se debe a la precisión de los factores de incubación empleados para el desarrollo del proceso deben mantenerse la temperatura a 37.5°C y humedad al 60% tendiendo a subir, que se alinea a los hallazgos de Morland et. al., (2024), LI et. al., (2023) además de la Iluminación artificial que lo afecta considerado por Llergo et. al., (Llergo, y otros, 2024) eclosión de huevos, girar los huevos.

V. CONCLUSIONES

Se logró describir los factores de incubación para la evaluación de la mortalidad embrionaria a través del control difuso, concluyéndose, que la humedad relativa debe oscilar entre 60% y 80% para poder obtener un óptimo desarrollo del embrión, y la temperatura debe mantenerse en 37.5°C con la finalidad de brindar calor adecuadamente el embrión durante el proceso de incubación.

Se diseñó la incubadora artificial con control difuso basado en los requerimientos técnicos necesarios, con el propósito de imitar el proceso de incubación natural, para lo cual se utilizaron los sensores DHT22 y SHT31, que permitieron, a través de la lógica difusa, mantener dentro de las especificaciones técnicas los factores de temperatura y humedad relativa dentro de la incubadora cuyas dimensiones permitieron incubar hasta una totalidad de 50 huevos.

Se logró determinar el índice de mortalidad embrionaria en la incubadora artificial con control difuso diseñada, siendo la mortalidad temprana de 6%, para los primeros siete días y la mortalidad tardía, que se mide a los siete últimos días de incubación, de 6%, indicadores que demuestran la precisión de los factores de incubación considerados en la investigación.

VI. RECOMENDACIONES

Para futuros investigadores se recomienda considerar el ritmo cardiaco con estimulación sonora artificial como un factor a evaluar para ver su incidencia en el índice de mortalidad.

Con la finalidad de obtener menores índices de mortalidad se sugiere en futuras investigaciones utilizar la precisión para cada uno de los factores necesarios para el desarrollo del proceso de incubación.

Para obtener un óptimo índice de incubabilidad y mantener el ambiente necesario para llevar a cabo el proceso, se pueden realizar investigaciones utilizando sensores de mayor costo y exactitud de programación con control difuso para cada factor.

Para evitar mayores índices de mortalidad, en futuras investigaciones se debe implementar un sistema que permita almacenar energía debido al corte de fluido eléctrico, teniendo en cuenta que se necesita las 24 horas de los 21 días del proceso.

Se recomienda que en investigaciones similares se considere que los factores de humedad oscilen en 60% tendiendo a subir y la temperatura mantenerse en 37.5°C para cumplir el proceso natural de incubación dentro de una incubadora artificial con control difuso.

REFERENCIAS

- Aryanto, I. Komang Agus Ady, Maneetham, Dechrit y Triandini, Evi. 2024. *Developing a smart system for infant incubators using the internet of things and artificial intelligence*. 2024.
- Camacho Chamba, Bryan Rodrigo y Martínez Castro, Arely Denise. 2023. *Aplicación para el análisis de las etapas de desarrollo embrionario de gallus gallus domesticus basado en redes neuronales artificiales*. 2023.
- Cantos Cruz, Mayra, Intriago Mendoza, Fernando y Meza, Josueth. 2021. *Análisis comparativo del tiempo de transferencia a la bandeja de nacimiento en incubación artificial de huevos de codornices (Coturnix Coturnix) en el Cantón Quinindé*. 2021.
- Caro Calderón, María Angélica. 2023. *Publicación: Identificación de las principales causas de fracaso en el desarrollo embrionario hasta el día 12 de incubación por medio de las técnicas de ovoscopia y embriodiagnosis*. 2023.
- Çetin, Kenan, Ekici, Behice. 2023. *The Effect of Incubator Cover on Newborn Vital Signs: The Design of Repeated Measurements in Two Separate Groups with No Control Group*. 2023.
- Cheng, Shun, y otros. 2023. *Effects of different conditions on the artificial incubation effect and physiological indexes of redclaw crayfish eggs*. 2023.
- Cruz Gutiérrez, Cesar Raúl Alan y Vargas Márquez, Víctor Alexander. 2018. *Diseño de un prototipo de incubación artificial con sistema de control difuso para la producción de aves de codorniz*. 2018.
- Damaziak, Krzysztof, y otros. 2021. *Effect of different rearing system on eggs production, hatchability, and offspring quality in layer breeders*. 2021.
- de Paula, Janaína y do Vale, Marcos Martinez. 2023. *Incubation parameters and post-hatch sexing methods in Wyandotte hens*. 2023.

- Dutta, Prमित y Anjum, Nafisa. 2021. *Optimization of Temperature and Relative Humidity in an Automatic Egg Incubator Using Mamdani Fuzzy Inference System*. 2021. 978-166541576-7.
- Easwaran, Arjun, y otros. 2021. *Internet of things enabled smart animal farm prototype*. 2021.
- Flores-Bueno, Daniel y Jerez, Oscar. 2023. *Incubadoras de negocios, desempeño y eficacia: una revisión sistemática*. 2023.
- García Santos, Gregorio y Camacho Escobar, Marco Antonio. 2021. *Caracterización física y desempeño de incubación artificial del huevo de guajolote (Meleagris gallopavo) de traspatio en Oaxaca*. 2021.
- Gualpa García, Angela María. 2022. *Parámetros básicos de incubación para asegurar la eclosión en los huevos de gallina*. 2022.
- Huertas, Olga Paola y Díaz, Catalina. 2020. *La evaluación del almacenamiento del huevo en torno a los parámetros de incubación*. 2020.
- Hyderabad. 2023. *5th International Conference on Soft Computing and Signal Processing, ICSCSP 2022*. 2023. 978-981198668-0.
- Kolanczyk, Maciej. 2022. *Análisis de la mortalidad embrionaria*. 2022.
- Li, Xujie, y otros. 2023. *Effect of photoperiod during incubation on embryonic temperature, hatch traits, and performance of 2 commercial broiler strains*. 2023.
- Llargo, Jose Luis, y otros. 2024. *Artificial nighttime lighting impacts Plasmodium falciparum mature stage V gametocytes infectivity in Anopheles stephensi*. 2024.
- López Pinela, Aarón Josué y Aldas Avila, Kenneth Marcelo. 2024. *Aplicación de la mecatrónica para el proceso de incubación artificial de huevos*. 2024.
- Martínez Nuño, J. V., y otros. 2020. *Sistema Inteligente para el Monitoreo Automático del Desarrollo de embriones dentro de Incubadoras*. 2020.

- Martínez Panche, Jhonatan Javier. 2017. *Evaluación de los factores asociados a la metodología Cobb vantress en la campana de eclosión*. 2017.
- Mohlalisi, Seforo; Koetje, Thabo y Thamae, Timothy. 2024. *Design and development of an artificial incubator*. 2024.
- Morland, Fay, y otros. 2024. *Including the invisible fraction in whole population studies: A guide to the genetic sampling of unhatched bird eggs*. 2024.
- Peña Arbeláez, Aldair. 2022. *Construcción de una incubadora artificial de huevos*. 2022.
- Prado-Rebolledo, Omar y Juárez-Estrada, Marco. 2017. *Efecto de la humedad en incubación sobre la incubabilidad y mortalidad embrionaria del pollo de engorda en el trópico seco mexicano*. 2017.
- Raharja, Nia Maharani, Suwarno, Iswanto y Sugiyarta. 2022. *Current Trends in Incubator Control for Premature Infants with Artificial Intelligence Based on Fuzzy Logic Control: Systematic Literature Review*. 2022.
- Ramírez Martínez, Edwim Anselmo. 2023. *Incubación de huevos de gallina mediante incubadoras caseras*. 2023.
- Rodríguez Torres, María Estela, y otros. 2021. *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)*. 2021.
- Rodríguez-Cruz, Armando, y otros. 2018. *Control de temperatura para incubación de huevos*. 2018.
- S.W.P., Brand Z.; Cloete y C.R., Brown. 2021. *Hatch traits of artificially incubated ostrich eggs as affected by setting position, angle of rotation and season*. 2021. 03751589.
- Tobar Vera, Jorge Washington, y otros. 2020. *Efecto del volteo y transferencia a la nacedora en la incubación artificial de huevos de codorniz japónica*. 2020.

Torrez Huacara, Luis Vladimir y Néstor, Salazar Layme. 2021. *Determinación de la Incubabilidad Artificial con huevos de Gallina Línea COBB - 500 (Gallus gallus), Centro Experimental Kallutaca, Provincia Los Andes, Departamento de La Paz.* 2021.

Velez Barradas, Adelina. 2022. *Parametros de incubación del huevo criollo de la costa de Oaxaca.* 2022.

W.I., Okonkwo, y otros. 2024. *ENERGY SOURCES FOR POULTRY EGG INCUBATORS' EFFICIENCY AND HATCHABILITY.* 2024.

Z., Brand, S.W.P., Cloete y C.R., Brown. 2020. *Hatch traits of artificially incubated ostrich eggs as affected by setting position, angle of rotation and season.* 2020.

ANEXOS

Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Mortalidad Embrionaria	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mortalidad Temprana ✓ Mortalidad Tardía 	Los embriones cuentan con un diagnóstico de mortalidad embrionaria teniendo una perspectiva general o amplia sobre los animales que murieron inicializando o finalizando los días de incubación. (Soares 2008)	Mediante la guía de observación 01, se evaluó la mortalidad embrionaria en sus dos tipos.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cantidad de embriones que mueren en los primeros días de incubación. ✓ Cantidad de embriones que mueren en los últimos del proceso de incubación. 	Escala
Incubación Artificial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Temperatura ✓ Humedad 	Consiste en suministrar al huevo fértil: calor, humedad y volteo, que son necesarios para que el germen se transforme en embrión. (Zamorano et al., 2012)	A través de la guía de control 01, se midió los factores de incubación (Humedad y temperatura)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Humedad ✓ Temperatura 	Escala

Fuente: Elaboración propia

Instrumento de Recolección de Datos
FICHA DE OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL 01

	DÍAS DE INCUBACIÓN																					
Día:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
TEMPERATURA AMBIENTE:																						
ALTURA SOBRE EL SUELO:																						

FICHA DE OBSERVACIÓN CONTROL 02

	HORAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TEMPERATURA DE LA INCUBADORA												
HUMEDAD DE LA INCUBADORA												

Fuente: Elaboración propia.

CONSTANCIAS DE VALIDACIÓN



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, TEÓFILO ROBERTO CORREA CALLE Con DNI N° 02820231 Magister en DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES de profesión INGENIERO EN INFORMÁTICA desempeñándome actualmente como COORDINADOR DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA DE PLATAFORMAS Y SERVICIOS DE TI en el IESTP Señor de Chocón de Querecotillo.

Por medio de la presente hago constatar que he revisado con fines de validación los instrumentos:

Guías de observación del proyecto de tesis "Mortalidad embrionaria a través del control difuso en incubadora artificial para la producción de la super granja Sullana – Producción de Abril a Julio de 2020"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Guía de observación N° 1: Permite determinar los factores externos en un proceso de incubación.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO
1. Claridad			X	
2. Objetividad			X	
3. Actualidad				X
4. Organización			X	
5. Suficiencia			X	
6. Intencionalidad				X
7. Consistencia			X	
8. Coherencia			X	
9. Metodología			X	

GUIA DE OBSERVACION N° 2: Evaluar los Factores necesarios para un proceso de incubación y determinar la mortalidad temprana o tardía.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO
1. Claridad			X	
2. Objetividad			X	
3. Acturalidad				X
4. Organización			X	
5. Suficiencia			X	
6. Intencionalidad				X
7. Consistencia			X	
8. Coherencia			X	
9. Metodología			X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de mayo del 2020.

Mgr. : DIRECCION Y GESTION DE LAS TIC
 DNI : 02820231
 Especialidad : Ingeniero en Informática
 E-mail : terococa@gmail.com

TEÓFILO ROBERTO CORREA CALLE
 02820231

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, **CARMEN ZULEMA QUITO RODRÍGUEZ** con DNI N°**02792435**, Magister en **CIENCIAS ECONÓMICAS CON MENCIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN** de profesión **INGENIERO INDUSTRIAL** desempeñándome actualmente como **DOCENTE TP** en **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – PIURA**.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos: **Guía de observación N° 01 y 02**, de la tesis titulada:

“MORTALIDAD EMBRIONARIA A TRAVÉS DEL CONTROL DIFUSO EN INCUBADORA ARTIFICIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE LA SUPER GRANJA SULLANA – PRODUCCIÓN DE ABRIL A JULIO DE 2020”

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Guía de observación N°1: permite determinar los factores externos en un proceso de incubación.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO
1. Claridad			X	
2. Objetividad			X	
3. Actualidad			X	
4. Organización			X	
5. Suficiencia			X	
6. Intencionalidad			X	
7. Consistencia			X	
8. Coherencia			X	
9. Metodología			X	

Guía de observación N°2: Evaluar los Factores necesarios para un proceso de incubación y determinar la mortalidad temprana o tardía.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO
1. Claridad			X	
2. Objetividad			X	
3. Actualidad			X	
4. Organización			X	
5. Suficiencia			X	
6. Intencionalidad			X	
7. Consistencia			X	
8. Coherencia			X	
9. Metodología			X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 6 días del mes de julio del 2020.

Mgtr. : Carmen Zulema Quito Rodríguez	
DNI : 02792435	
Especialidad : Ingeniero Industrial	
E-mail : cquitor@ucvvirtual.edu.pe	

Procedimientos

Antes de inicializar a evaluar los factores del proceso de incubación, en la investigación se consideró como primera actividad la definición de los requerimientos para el control de los factores de temperatura y humedad relativa, los cuales fueron: el software para el control difuso y el hardware de la incubadora artificial, utilizando el modelo de desarrollo orientado a prototipos, la cual contó con 2 etapas:

En la primera etapa, se definen los materiales y herramientas que se utilizaron para la implementación de la incubadora y el software empleado para el control difuso, la cual permitió controlar los factores (humedad y temperatura y volteo), necesarios para generar el proceso de incubación.

La segunda etapa, donde se muestran las partes de cada sistema del hardware, teniéndose en cuenta los factores de temperatura y humedad relativa. En esta etapa se diseñaron los circuitos, los sensores y sistema de volteo que permitan evaluar y mantener la temperatura y humedad dentro del prototipo durante los días de incubación de los huevos de pollo.

Herramientas y Software utilizados para la implementación y el Control Difuso en Incubadora Artificial

Para la implementación de la incubadora artificial con control difuso, se necesitaron diferentes materiales que permitieron su funcionamiento, alguno de estos de fácil acceso para conseguir, entre los que mencionan:

- 01 sensor de Humedad DHT22
- 01 sensor de Temperatura SHT31
- 01 microcontrolador Atmega 328
- 01 pantalla LCD 20*4
- 01 ventilador
- 02 servomotores MG995 TowerPro
- 04 IRFZ44N
- 01 fuente de Poder
- 01 estructura de madera

Cuyas características y especificaciones técnicas son las siguientes:

❖ **Sensor de Humedad DHT22**

Permite medir la humedad de forma digital. Utiliza un sensor capacitivo de humedad.

Tabla 9 Características Técnicas DHT22

Fuente de alimentación	3.3-6V DC
Señal de salida	Señal digital a través de bus único.
Precisión	Humedad + -2% HR (Máx. + -5% HR)
Período de detección	2 segundos en promedio.
Rango de operación	Humedad 0-100% HR

Fuente: («Sensor de Humedad DHT22», 2017)

❖ **Sensor de Temperatura SHT31**

Permite obtener la medición de temperatura ambiente, entregando una precisión de $\pm 2\%$ de humedad relativa, contando con interfaz I2C y al mismo tiempo siendo compatible con microcontroladores de 3V y 5V.

Tabla 10 Características Técnicas de SHT31

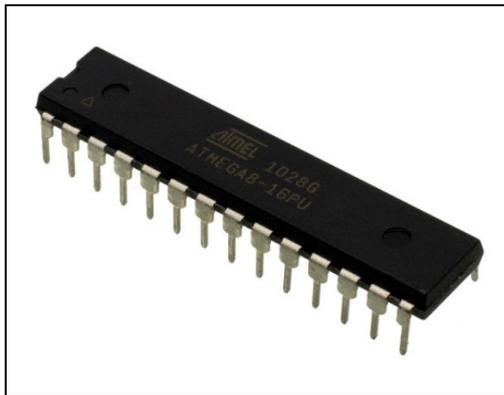
Salida digital totalmente calibrada, linealizada y con compensación de temperatura
La precisión típica de $\pm 2\%$ HR y ± 0.3 ° C
Rango especificado de temperatura -40°C a 125°C
Tiempo de inicio y medición muy rápido

Fuente: («Sensor SHT31 Temperatura», 2017)

❖ **Microcontrolador Atmega 328**

Cuenta con una arquitectura de 8 bits, la cual ha sido suficiente para la programación del control y la función de periféricos. Dicho microprocesador utiliza el lenguaje C, brindando distintas facilidades como: información y librerías al momento que fue programado.

Figura 4 Atmega 328



Fuente: («ATMEL Microcontroladores», 2017)

❖ Pantalla Liquid Crystal Display (LCD)

Utilizada para mostrar los niveles de temperatura y humedad de la incubadora, consta de 20 caracteres y 4 líneas, provee una amplia visualización de lo mostrado. Se muestran las siguientes características:

Tabla 11 Características Técnicas LCD 20*4

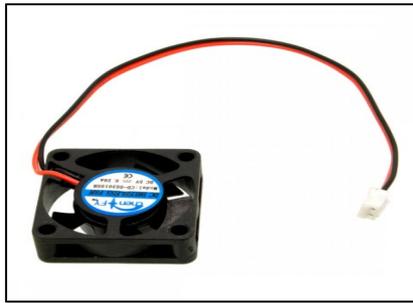
Tensión de alimentación	5voltios
Interfaz	Analógica
Tamaño del módulo (W x H x T)	98.0x60.0x14.0mm.
Tamaño del carácter (W x H)	2.94x4.74mm.
Tipo de pantalla	Positivo/negativo.

Fuente:(«Pantalla LCD de 20x4 (20 Caracteres x 4 Líneas)», 2017)

❖ Ventilador

Cumple la función de hacer fluir temperatura dentro de la incubadora durante el proceso de incubamiento, al mismo tiempo permite la oxigenación para los huevos.

Figura 5 Ventilador 5V



Fuente: («Mini-Ventilador 5v 0.26A», 2017)

❖ Servomotor TowerPro MG995

Herramienta de mucha importancia dentro del proceso de incubación, ya que, a través de esta, se realiza el giro de los embriones para que no se adhiera al cascarón, utilizado por sus engranajes metálicos y de gran fuerza, dentro de sus características se tiene:

- ✓ Peso 55 g.
- ✓ Velocidad de funcionamiento: 0.2 s / 60° (4.8 V), 0.16 s / 60° (6 V).
- ✓ Dimensión: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm aprox.
- ✓ Prueba de golpes.
- ✓ Rango de temperatura: 0 °C - 55 °C.

Figura 6 Servomotor TowerPro



Fuente: («Servomotor TowerPro MG995 10Kgf.cm», 2017)

La recolección de datos de la investigación se realizó a través de guías de observación, tomando en cuenta los factores antes mencionados y configurados respectivamente, se inicializó el proceso de incubación respectivo de 50 embriones, cantidad adecuada a las medidas de la incubadora artificial, con los cuales se evaluaron los factores de temperatura y humedad con su respectiva configuración para la obtención de datos necesarios que permitió evaluar la mortalidad embrionaria.

Dicha data recolectada se fue registrando en las guías de observación para finalmente procesarla en hojas de cálculo con el fin de obtener la cantidad de mortalidad embrionaria, temprana o tardía, según el impacto de los factores de temperatura y humedad evaluados.