

INFORME DE TESIS - MARTINEZ CARRION CESAR

por Cesar Martinez

Fecha de entrega: 08-abr-2024 08:01p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2342355652

Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS_-_MARTINEZ_CARRION_CESAR.docx (4.5M)

Total de palabras: 16148

Total de caracteres: 83626

²
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO

BENEDICTO XVI

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA

MECÁNICO ELÉCTRICA



**INCUBADORA CASERA SEMIAUTOMÁTICA PARA HUEVOS DE
AVES DE CORRAL**

³²
**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICA**

AUTOR

Br. Cesar Armando Martínez Carrión

²
ASESOR

Ing. Fernando Saldaña Milla

<https://orcid.org/0000-0002-7274-6974>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Procesos y tecnología

TRUJILLO – PERÚ

2024

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor:

Mg. Breitner Guillermo Diaz Rodríguez


³
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO BENEDICTO XVI.

Presente.

³
Yo Mg. Fernando Arístides Saldaña Milla con DNI N° 18135414 como asesor del trabajo
de investigación “INCUBADORA CASERA SEMIAUTOMÁTICA PARA HUEVOS
DE AVES DE CORRAL” Desarrollado por el bachiller Cesar Armando Martinez Carrion
²
con DNI N° 45430320, Egresado del Programa Profesional de Ingeniería Mecánico
Eléctrica, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como
científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la
Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de
trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea
sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la
Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Atentamente



Mg. Fernando Arístides Saldaña Milla

DNI 18135414

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo

Rectora (e) de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI

²
Vicerrectora Académica

Dr. Ena Cecilia Obando Peralta

Vicerrector de Investigación

Mg. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Dra. Teresa Reátegui Marín

Secretario General

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres que siempre me apoyan incondicionalmente en la parte moral y haberme forjado como una persona de bien. Me formaron con algunas reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Especialmente a mi amada esposa por sus palabras y su confianza. Por su motivación para seguir adelante y siempre estar conmigo en cualquier circunstancia de la vida.

Autor

10
AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento.

A mi familia, quienes son el motivo para seguir adelante

Agradezco profundamente a mi esposa por su apoyo incondicional en todo momento y motivarme a salir adelante en mi vida profesional y la realización de este proyecto.

Autor

v

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Cesar Armando Martínez Carrión con DNI 45430320, egresado del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecanico Electrica** de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que se ha seguido rigurosamente los procesos académicos y administrativos dados por la Facultad de **Ingeniería y Arquitectura**, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: **INCUBADORA CASERA SEMIAUTOMÁTICA PARA HUEVOS DE AVES DE CORRAL** el cual consta de un total de 95 páginas, en las que se incluye 16 tablas y 22 figuras, más un total de 10 páginas en anexos.

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de nuestra investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

El autor



Cesar Armando Martínez Carrión

DNI: 45430320

ÍNDICE

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD	2 iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	16
2.1. Objeto de estudio	16
2.2. Variables.....	16
11 2.2.1 Variable independiente	16
2.2.2 Variable dependiente	16
2.2.3 Operacionalización de variables	17
2.3. Pruebas y resultados:	18
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	21
2.6. Ética Investigativa	21
III. RESULTADOS	22
3.1 Diseño de prototipo de incubadora	22
3.1.1 Matriz morfológica	22
3.1.2 Conceptos de solución:	24
3.1.3 Evaluación de alternativa más adecuada.	27
1 3.1.3.1 Evaluación técnica: escala de valores según VDI 2225	27

3.1.3.2	Evaluación económica	28
3.1.4	⁸ Cálculo y selección de componentes.....	30
3.1.5	Diseño de la estructura.	49
3.1.6	Resultados estadísticos de las pruebas.....	60
3.1.7.1.	resultados de cada prueba realizada:	60
3.1.7.2.	Análisis de resultados:	63
² IV.	DISCUSIÓN	66
V.	CONCLUSIONES	71
VI.	RECOMENDACIONES	72
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	ANEXOS	78

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo la implementación de una incubadora semiautomática que mejore la producción de huevos de aves de corral, y a la vez determinar las medidas apropiadas de temperatura y humedad en el interior de la incubadora para su óptima producción. Este estudio fue de tipo descriptivo experimental con diseño de post prueba. Se realizaron 4 pruebas con una población de 72 huevos de aves de corral combinando temperatura de 38°C - 38.5 °C y una humedad relativa de 50 % - 70 %. De acuerdo al estudio experimental se pudo observar que la mejor productividad en temperatura es de 38.5 °C y una humedad relativa de 50% logrando un 89.06 % de eficiencia en la producción dentro de la máquina incubadora. Concluyendo que el prototipo de incubadora semiautomática implementada obtiene una elevada calidad en la producción de aves de corral, con los medios estandarizados más adecuados de temperatura y humedad.

Palabras Clave: incubadora, temperatura, humedad, huevos, productividad.

ABSTRACT

The objective of the study was the implementation of a semiautomatic incubator that improves the production of poultry eggs, and at the same time determine the appropriate measures of temperature and humidity inside the incubator for its optimal production. This study was descriptive-experimental with a post-test design. 4 tests were carried out with a population of 72 poultry eggs combining a temperature of 38°C - 38.5°C and a relative humidity of 50% - 70%. According to the experimental study, it was observed that the best productivity in temperature is 38.5 °C and a relative humidity of 50%, achieving 89.06% production efficiency within the incubator machine. Concluding that the implemented semi-automatic incubator prototype obtains a high quality in the production of poultry, with the most appropriate standardized means of temperature and humidity.

Keywords: incubator, temperature, humidity, eggs, productivity.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la debido a la globalización se ha visto un elevado aumento de operaciones en la industria en todo el mundo, con énfasis en la tecnología, ingresando tecnología de punta acorde a las exigencias del mercado y de la población actual. Así mismo este crecimiento en cuanto a nuevas tecnologías viene a añadiendo a su evolución el uso de la ciencia como son la genética y la nutrición en miras de mejorar la producción y la rentabilidad según las exigencias del mercado (Castro, 2016). Sin embargo, pese al estudio de los parámetros de esta ciencia en el proceso de incubación todavía esta tecnología no es simplificada para ser usada en casa por los pequeños productores.

El emprendimiento de empresas productoras de bienes y servicios con un agregado de innovación, tecnología y conocimientos han sido hasta ahora la base del desarrollo económico del Perú. En este sentido, las incubadoras en el mundo han probado ser el medio más prometedor de desarrollar empresa. Es así, que estos proyectos se han implementado en el Perú desde las décadas de los 90. Sin embargo, el número de estos proyectos hasta el momento es bastante reducido, y costoso y su aporte, tanto por el número como por nivel de desarrollo que tienen, es limitado (Geitec, 2019).

Los elevados costos y la falta de acceso a los materiales para la elaboración de una incubadora importada, nos lleva a la búsqueda de nuevas opciones con materiales más básicos para hacer una incubadora casera con muy poco dinero en comparación del coste real de una incubadora. En el cual se empleará materiales como termómetro, resistencia o lámpara incandescente, ventilador entre otros. Además, para hacer un volteo automático debe ser comandado por un sistema timer electrónico, de fácil manipulación (Castro, 2016).

Así mismo, al adquirir una incubadora sofisticada del mercado, nos exige saber las técnicas adecuadas para manipulación y el gasto de altos costos de mantenimiento para mantenerla funcionando adecuadamente son otros problemas encontrados en las de fábrica. Esto porque la mayoría de personas de las zonas que se dedican a crianza de pocos ejemplares en nuestro país, no cuentan con estudios ni conocimientos necesarios para la manipulación de estas máquinas, generando también más gastos de bolsillo (Castro, 2016).

Una incubadora se fabrica haciendo un minucioso estudio del proceso de incubación, debido a que se reemplazará este proceso por una máquina que hará las veces de gallina. Esta incubación artificial se crea con el propósito crear un ambiente propicio para la incubación donde las eclosiones se logren de manera exitosa. Con la incubadora es posible hacer que aumente la población de aves según nuestra necesidad (Rivera, 2019).

La incubación natural presenta ciertas desventajas frente a la artificial esto se debe tener algunas consideraciones por parte de los criadores, como escoger los mejores huevos, los más frescos, las gallinas deben ubicarse en un lugar fresco y darles alimento mientras estas empollan los huevos; lo que indica tomarles más atención y tiempo a las gallinas y a pesar de esto los resultados de eclosión de huevos es cada vez menos. Por ello se viene optando por la incubación artificial que mejora los índices de producción por poseer la capacidad de ser manipulable y programable (Sarao, 2013).

Otra problemática que se ha presentado en la incubación natural es la transmisión de enfermedades de las gallinas a las crías. Lo que se evitaría con el buen uso, higiene y adecuada manipulación de las incubadoras caseras (Sarao, 2013).

Por otro lado, el clima también juega un papel importante en la eclosión de los huevos, dado que los lugares con temperaturas bajas los huevos sufrirán enfriamiento más rápido cuando la gallina sale del nido. Y esto puede prolongar el tiempo de incubación, y alterar el desarrollo adecuado del embrión (Sarao, 2013).

Así mismo, en nuestro contexto las pequeñas empresas en crianza de aves de corral, que no generan muchos ingresos, se encuentran con mayores dificultades para la crianza; por la lejanía de los criaderos, la falta de adecuado transporte para aves recién nacidas, generando muertes y pérdidas económicas al criador. Por esto, es que la mayoría de nosotros nos inclinamos a incubar ciertas especies y valorando el alto coste de una buena incubadora, nos damos con una necesidad de fabricar una incubadora casera el cual nos evitará hacer un gasto excesivo (Geitec, 2019).

Los avicultores con poca población de aves necesitan producir en masa, para beneficiarse del transporte y para mejorar sus ventas. Sin embargo, esto no puede darse cuando las gallinas no incuban a la misma vez, lo cual nos lleva a la desventaja de tener pollitos de diferentes edades. Con una incubadora artificial podría programarse la incubabilidad de los huevos, sacando estos de las mismas edades y en masas para mejorar las ventas y producción de los avicultores (Sarao, 2013).

Con todo lo mencionado, este proyecto, busca la implementación de una incubadora semiautomática de aves de corral de buena calidad para favorecer la eficiencia ²³ de la producción de pequeños y medianos avicultores. Este proyecto se basa en que dicha incubadora sea manipulada por cualquier persona con conocimiento básico relacionada a la avicultura, para poder tener un buen éxito en la incubación debemos respetar los parámetros para una correcta incubación de huevos de corral.

Por esto ³³ se planteó el siguiente problema: ¿Cuáles son las características de una incubadora semiautomática de huevos de ave de corral que mejora la producción de huevos de corral en Trujillo, 2023? y los problemas específicos; ¿Cuáles son las medidas adecuadas de ¹⁰ la temperatura interna de la incubadora semiautomática que mejora la producción de huevos de corral en Trujillo, 2023? y ¿Cuáles son las medidas adecuadas de la humedad ¹ relativa interna de la incubadora semiautomática que mejora la producción de huevos de corral en Trujillo, 2023?

De acuerdo a las observaciones, la incubación artificial de cualquier tipo de huevo de aves doméstica, se considera muy común en nuestra realidad, sobre todo en los avicultores dedicados a criar grandes cantidades de aves para consumo de carne o huevos. Sin embargo, estos, no pueden adquirir sus propias incubadoras artificiales por el costo excesivo que involucra comprarse una de estas máquinas, lo que afectaría a sus costos de producción.

Ante esta necesidad presentamos una alternativa de incubadora domestica a bajo costo y con materiales reciclables, comprobando la eficiencia de esta en el desarrollo embrionario de los huevos que se incubaran, mejorando las tasas de producción de eclosiones y por tanto contribuyendo a la mejora de la economía de los avicultores.

Esta investigación es importante porque va a contribuyo a dar solución a problemas que se podrían presentar durante el proceso de incubación, y aumentar el número de eclosiones de huevos fértiles, para lo cual se determinó las características de humedad y temperatura más adecuados para disminuir pérdidas, mejorando la productividad de aves de corral y a la vez servirá para futuras investigaciones.

El objetivo general planteado fue implementar una incubadora semiautomática desde la ovoposición hasta el nacimiento, para la mejora de la productividad de aves de corral en Trujillo, 2023

Los objetivos específicos: determinar los parámetros apropiados de la temperatura interna de la incubadora semiautomática que mejora la producción de huevos de corral en Trujillo, 2023 y determinar las medidas apropiadas de la humedad relativa en el área interna de la incubadora semiautomática que mejora la producción de huevos de corral en Trujillo, 2023

La hipótesis general planteada fue: La implementación de una incubadora semiautomática consigue una adecuada incubación de huevos en Trujillo, 2023, y las hipótesis específicas:

H₀: La temperatura y humedad adecuadas en el interior de la incubadora semiautomática consigue una correcta incubación en Trujillo, 2023

H₁: No existe relación entre la temperatura y humedad adecuados en el interior de incubadora semiautomática para una correcta incubación en Trujillo, 2023

Los estudios realizados para el diseño de una incubadora de huevos automatizados fueron:

Mukhtar et al. (Nigeria, 2023), construyó una incubadora artificial con un mecanismo giratorio que imita la incubación y un microcontrolador con sensor de datos programado para que proporcione los datos de temperatura, humedad dentro del incubadora. Concluye que una incubadora de huevos que funcione de manera constante, activa y competente normalmente podrá producir suficiente pollo para satisfacer las necesidades diarias de proteínas de todos los hogares del mundo moderno. Así mismo, refiere que un sistema de incubación de huevos bien diseñado puede lograr una excelente incubabilidad y puede incubar una gran cantidad de aves a la vez.

Atharva Chaskar et al. (India 2022), diseñó un sistema de incubación de huevos que pueda acomodar una variedad de tipos de huevos. La tecnología incluyó fueron sensores de humedad y temperatura para monitorear estos parámetros, la configuración de la incubadora y se ajustarán automáticamente a las mejores circunstancias para el trabajo. Usando la luz eléctrica como calentador para mantener el huevo a una temperatura agradable y el nivel de humedad se puede cambiar usando agua y ajustando el ventilador. Concluye que independientemente del entorno, pueden eclosionar una gran cantidad de huevos a la vez y llevar el proyecto a un nivel de escala comercial.

Ehsan Alawad et al. (Sudan 2021), diseñó e implemento una incubadora de huevos de incubación de huevos con el fin de proporcionar condiciones adecuadas para la eclosión de los huevos a través de la elaboración y uso de un programa de software para controlar la temperatura y la humedad utilizando el programa proteus y el ide Arduino. Los cuales de manera automática muestran los valores de temperatura y humedad dentro de la cámara de la incubadora y muestra una alerta en caso de que las temperaturas varíen de rangos. Y además controla el motor que hace girar los huevos para cambiar su posición y evitar que el embrión se pegue a la cáscara. Concluye que investigación sería un producto fácil de usar, de un tamaño pequeño y de fácil transporte.

Mariani et al. (Filipinas, 2021), realizó un estudio orientado a la modificación del diseño de una incubadora de huevos automatizada, analizando en primer lugar varios documentos para establecer los requisitos óptimos necesarios para diseñar un microcontrolador para incubadora, realizaron entrevistas a los agricultores, recopilación de información sobre temperatura, humedad, rentabilidad, ventajas y desventajas de las incubadoras existentes. Se utilizó un dispositivo controlable automatizado, que mantiene la humedad y la temperatura y permite el cambio automático de bandejas. Logrando que la eficiencia de eclosión esté entre el 80-93% y con un promedio de 86,5%, con el 96 % de huevos de pato eclosionados y el 80% de huevos de gallina eclosionados, donde los huevos de pato tienen el mayor número de eclosiones en comparación a los huevos de gallina. También mostró mayores ingresos netos para los agricultores, tecnología modificada más rentable lo que indica un menor costo por incubación de huevos de pollo y pato.

Rosa et al. (México, 2021), realizó un estudio para la mejora de una incubadora avícola sustentable automática, con el propósito de lograr una incubadora funcional, fácil de manipular, versátil que se ajusta a las necesidades del criador y sobre todo de bajo costo con bajo gasto de energía. Esto a través de una serie de modificaciones de modelos anteriores, incorporando un microcontrolador mejorado (ATmega2560), de temperatura, humedad relativa y volteo de los huevos en el interior de la incubadora ha sido de suma importancia. Obteniendo como resultado una incubadora funcional con alta precisión, y de fácil manejo, lo cual ha permitido tener una alta tasa de nacimientos (entre 80 y 95 %).

Alam Soeb M. J., Ahmed E. M., Shammi S., Mamun M. R. y Uddin M. (Blangadesh, 2021), realizaron un estudio para diseñar y fabricar una incubadora de bajo costo y evaluar el rendimiento de la misma, para lo cual usaron un microcontrolador con bandejas volteadoras de huevos y cámara de incubación de 116 huevos de capacidad. Obteniendo como resultados que la incubabilidad de la incubadora desarrollada fue del 79,3% y 87,1% de incubabilidad durante las pruebas manuales y automáticas, respectivamente. La temperatura en la incubadora desarrollada estuvo dentro de los rangos aceptables de temperatura de incubación de 37,6 °C a 38,6 °C. La humedad relativa promedio en la incubadora desarrollada se mantuvo en 63,6 % en la prueba manual y entre 55 y 65 % en la prueba automática. Además, después de las pruebas exitosas, encontramos que la relación costo-beneficio fue de 1.42, lo cual fue bastante satisfactorio. Concluyendo que la incubadora de huevos puede mantener las condiciones óptimas para la **eclosión de los huevos de gallina** y es capaz de incubar y eclosionar **los huevos de gallina** de manera efectiva.

Rivera (Ecuador, 2019) realizó la automatización y mejoramiento **de una incubadora de huevos para venta y consumo de carne** en la Unidad Educativa “Oriente Ecuatoriano”, llegando a la conclusión de que el rediseño del equipo en cuanto a su estructura para mejorar el proceso de incubación, garantiza una eficiencia del 80%, automatizando la incubadora logro establecer las temperaturas y la humedad idóneas para la incubación, comprobó que existe tolerancia de ± 0.1 a ± 0.2 °C de temperatura con una humedad de 60%, es decir el interior se mantiene a una temperatura de 37.7°C, oscila entre, ± 0.1 °C a 60% de humedad, y de 36.8°C, entre, ± 0.2 °C con una humedad de 70%. Manteniéndose estable pese a las temperaturas externas que oscilaban entre 14°C a 25°C, llegando al rango necesario para la incubación adecuada.

Idoko E., Ogbeh O. y Ikule T. (Nigeria, 2019), realizó una diseño e implementación de factores fijos automáticos para incubadora de huevos con el objetivo optimizar el número de pollitos producidos por el método natural, usando un sensor de temperatura acoplado a un convertidor analógico digital; logrando mantener una temperatura constante, gracias a que el sensor de temperatura que está acoplado al convertidor analógico digital detecta la temperatura ambiente y la envía una señal,

convirtiendo este sistema en un lenguaje de microcontroladores, donde el ventilador se mantiene encendido cuando la temperatura excede el umbral de temperatura estándar y se apaga para que el calentador se encienda cuando la temperatura es más baja. Llegando a la conclusión de que el diseño y la implementación de estos factores automáticos fueron funcionales porque la temperatura de los huevos se mantiene constante a diferencia del método natural donde la mayoría de las veces la gallina madre no está disponible para sentarse sobre los huevos y se mejoró la producción de pollitos porque se pudo incubar cientos de huevos a comparación del método natural. Por otro lado, los huevos se fertilizaron bien con huevos poco o nada fallidos.

Maaño R.C., Chávez E. P. y Maaño R. A. (Filipinas, 2019), realizaron un prototipo de incubadora compuesto de un sensor de temperatura y humedad, un calentador y un ventilador. El prototipo está realizado en simulación con el software Proteus, lo que permitió mantener la temperatura óptima entre 37⁰C y 38⁰C dentro de la incubadora, a través de sensores y actuadores como parte del modelo formado por la gestión de detección y actuación según el nivel de energía, todo conectado a la unidad de microcontrolador. Concluyendo que el uso de una incubadora automática reduce costos, y mejora la producción.

Cruz Gutierrez & Vargas Marquez, (Perú, 2018) diseño un modelo de incubadora automática con sistema de control difuso dirigido a incubar aves de codorniz. Esto con el propósito de lograr la temperatura estable e idónea en el interior durante todo el proceso de incubación, sea cual sea la temperatura exterior. Demostrando que a través de la automatización adecuada de la incubadora pudo mantener las temperaturas óptimas. Así, la temperatura se mantenía entre 37.5°C ±1°C. con una humedad de 58.5 y 63%.

Tumipamba Guanopatin (Ecuador, 2017) en la Unidad Productiva Agropecuaria Majavi se diseñó e implementó de una incubadora automática para incubación de huevos, con la implementación de un sistema de interfaz HMI, concluye que el procedimiento de incubación de manera automática presenta mejorías en la producción porque permite incubar los 21 días sin preocuparse de los posibles fallos del sistema. Este sistema entre sus funciones posee un mecanismo de alertas y supervisión de parámetros en el interior de la incubadora,

lo que permite óptimos parámetros de temperatura y humedad durante todo el proceso de incubación, sin detenerse ante cualquier fallo de energía o humano.

Erazo Erazo (Ecuador, 2016) realizó la simulación de una incubadora diseñada para crianza de pollos, concluyó que hacer uso de incubación artificial mantiene una gran eficiencia de producción, ahorrando costos en espacio y cuidados extras que requiere una incubación natural. También que el diseño de una incubadora artificial facilita el proceso de incubación llegando a ser óptimo gracias a su eficaz distribución de temperatura. Para esto se efectuaron varias simulaciones en diferentes circunstancias de temperatura y humedad logrando determinar el más apropiado.

En cuanto a la incubadora artificial y natural, Gonzales, 2017, nos menciona que una incubadora artificial podría llegar a reemplazar a la incubación natural del ave, a través del control y manejo de factores que determinan el proceso de incubación como son la temperatura, humedad, ventilación y volteo de huevos. Siendo los más relevantes la humedad y la temperatura, los cuales a su vez dependen de otros factores como la ventilación y el nivel del agua.

De manera natural la gallina cumple con la incubación de sus huevos cuando se pone en estado "clueca". Así, mismo existen varios factores de los cuales dependen el mayor número de huevos eclosionados, como por ejemplo el peso del ave; la de peso liviano tendrá más número de huevos eclosionados que un ave de gran tamaño y pesada. Por esto la importancia de una incubación artificial que disminuyen el efecto de estos factores mejorando la producción. Por tanto, hacer una pequeña empresa relacionada a la venta de aves, significa reunir muchas aves, por ende muchos huevos y una incubadora eficiente que permita incubarlos para agrandar la producción (Rivera Berrú, 2019).

Cada ave tiene sus propias particularidades para su incubación, sin embargo, todas comparten los mismos factores ambientales como la temperatura, humedad, ventilación y volteo de huevos, los cuales son mejorados a través del uso de la tecnología con la creación de las incubadoras artificiales. A través de un adecuado estudio de estos factores y mediante el uso de la ciencia y la ingeniería podemos obtener los conocimientos cualicuantitativos que

servirán de ayuda para la implementación de una maquina incubadora eficaz y lógicamente con una exitosa. Este proyecto nos permite la comprobación de los procesos que suceden en el interior durante el periodo de incubación para obtener una incubadora con muy bien funcionamiento y de buenos resultados con todos los parámetros controlables (Rivera Berrú, 2019).

Figura N°1

Porcentaje de fertilidad de huevos

HUEVOS	% de incubabilidad
Normales	90 a 95
De 48 g o menos (aves ligeras) y más de 50 g (aves pesadas)	80
Con manchas de sangre o carne	72
Extra grandes	71
Con cámara de aire fuera de ángulo	68
Ligeramente cascados	53
Deformes	49
Con cascara rugosa o delgado	47
Con doble yema	0

Fuente: Tomado de (Quintana, 1999)

El proceso de incubación implica una serie de procesos desde que la gallina pone el huevo, como la higiene del huevo, verificación del aspecto físico para seleccionar los mejores ejemplares para la incubación, y durante el proceso de incubación los factores de temperatura, humedad, ventilación, volteo de huevos y demás el tiempo de incubación. Solo bajo el cumplimiento de todas estas condiciones tendremos una posibilidad de éxito de nacimientos de las aves (Castilla Gomez, E., Mendoza Galicia, J., 2014).

Con respecto a los factores que afectan la incubabilidad de los huevos:

Tamaño y estado del huevo fértil. De acuerdo a la Guía de Manejo de la Incubadora, el tamaño de un huevo también influye en el proceso de incubación, si hacemos una comparación; un huevo de tamaño grande tarda más días para eclosionar que un huevo de

ave pequeña donde el embrión muchas veces no logra desarrollarse. Los huevos para ser incubados deben ser adecuadamente seleccionados dejando de lado todos aquellos que no tengan las condiciones de ser aptos para nacer tales como: los demasiado pequeños, los de doble yema, con grietas o con deformaciones (COBB, 2013).

Iluminación. El período de incubación es muy importante en la vida y ciclo vital de los pollos, y el ambiente de incubación tiene un efecto duradero en la salud y el bienestar de los pollos a lo largo de sus vidas. Estudios han demostrado que la luz de incubación puede afectar incubabilidad, la luz artificial produce un adelanto en los nacimientos de los pollitos lo cual hace que vea un porcentaje mayor las aves pueden llegar a pesar más y son más vigorosos. (Archer, G. S., Jeffrey, D. and Tucker Z., 2017). Por ende, este método se puede emplear en los primeros 19 días de incubación. Probablemente no hay relación entre la intensidad de la luz y la presencia de la misma.

Forma de huevos. Según (Woldehana Uro T., 2019), los defectos de los huevos también adquieren una importancia primordial en el éxito de la incubación, así, los huevos con forma muy larga, muy corta, redondos o delgados no logran nacer, en cambio los huevos con características normales como son los ovoides sin defectos tienen mas probabilidad de nacer bien. Debe evitarse seleccionar aquellos con una textura de cáscara deficiente, la calidad de la cáscara indica deficiencia de calcio, que es asociados con mala incubabilidad.

Edad de las reproductoras. Según (Nilipour, A., 2006), con la edad la gallina baja la mortalidad de los embriones, los huevos de las gallinas adulta necesitan 1 hora más de incubación en comparación de las jóvenes.

- 25 semanas: 6%
- 30 semanas 3.8 %
- 33 semanas: 3%
- 71 semanas: 3.07 %

Tiempo de Almacenamiento. El almacenaje es un factor de importancia en un antes del proceso de incubación, se recomienda almacenar los huevos fértiles en un ambiente que oscila entre 19° a 20°C, de temperatura para detener por completo el desarrollo embrionario. (Nilipour, A., 2006).

Alimentación de las Reproductoras. Las reproductoras también juegan un papel importante en la selección, y podría representar un aspecto de mejora de producción en la incubación artificial, genéticamente un buen crecimiento del embrión depende mucho de una alimentación balanceada que contenga toda la nutrición posible y una buena dieta para las reproductoras, es decir un perfil nutricional con las vitaminas, minerales, y energía necesaria para que el huevo sea saludable y el embrión adecuado (Nilipour, A., 2006). Esto mejorará nuestras tasas de éxito en la incubación.

El Gallo. Representa el 50 % genéticamente en los pollitos, lo cual que si un gallo no está bien alimentado su rendimiento no será 100% pueden producir semen de baja calidad, densidad y viscosidad y por ende embriones de baja calidad. (Nilipour, A., 2006)

Sobre la construcción de una incubadora:

Una incubadora artificial generalmente está conformada por una estructura que contiene a su vez, bandejas de huevos, regulador de temperatura, dispositivo para agregar humedad al aire del huevo cámara (humidificador), un dispositivo de ventilación y confiable termómetro. Las incubadoras de gran capacidad tienen además volteadores automáticos de huevos y dos compartimentos, un compartimiento de ajuste el procesamiento durante los primeros 18 días del período de incubación y el compartimiento para después de los 18 días (para los últimos 3 días) donde los huevos se convierten en pollitos. (Ramos Terrones O., 2017)

La incubadora de huevos basada en un microcontrolador es básicamente un sistema de control de retroalimentación. Este es un mecanismo básico por el cual cualquier sistema ya sea mecánico, biológico o eléctrico, busca mantener una homeostasis o equilibrio para continuar con la vida bajo condiciones desfavorable donde un mínimo cambio podría ocasionar un signo de peligro para el embrión y morir en el proceso de incubación sin lograr

el nacimiento. Así, por ejemplo, un aumento de 1 grado de temperatura en nuestro cuerpo es un signo de enfermedad, o cual nos demuestra que la homeostasis de nuestro cuerpo también está ligado a un control por retroalimentación (Nilipour, A., 2006).

En cuanto a la ubicación del aparato de incubación, existen también un aserie de requisitos que deberán cumplirse como: clima, medio ambiente, altitud, suelo, los cuales deberán revisarse con cautela para determinar si la ubicación es adecuada o no. Teniendo en cuenta que este es solo un aparato pequeño, comparada con una planta de incubación, se deberá evaluar el impacto ambiental, si existirá contaminación en el ambiente, generación de radiaciones, que podrían restringir la ubicación de esta incubadora en casa. (Castilla Gomez & Mendoza Galicia, 2014).

Respecto al control de temperatura; la temperatura viene a ser ⁴ el parámetro más importante dentro del proceso de incubación. Para que la incubación sea eficiente, la temperatura debe permanecer constante durante un período específico. Según Idoko y col, la temperatura que genera un ambiente adecuado idóneo para la incubación debe ser de 37.8°C (100 °F), sin embargo, esto varía según los días de incubación, siendo más alta durante ⁴ las dos primeras semanas, lo más cercano a 37.8 °C, pero la tercera semana puede disminuir hasta 36.7°C, porque se acompaña de mayor humedad (Idoko E., Ogbeh O., Ikule T., 2019).

La incubación es un proceso de transmisión de calor del padre a un embrión con una temperatura constante. la incubación temperatura oscila entre 37,0 0 C y 38,0 0 C y un poco la no conformidad de esta temperatura óptima puede tener un impacto negativo en el éxito de la eclosión y el embrión desarrollo. Con el huevo a la temperatura correcta, el comienza el proceso biológico de incubación y el embrión comienza a crecer, por lo que el rango de temperatura correcto debe mantenerse ²⁴ durante todo el período de incubación para lograr una mayor tasa de incubabilidad (Maaño R.C., Maaño R.A.,Chávez E. P., 2019).

Respecto al control de humedad; se debe mantener constante, porque durante el proceso de incubación es absorbida por el embrión, es evaporada por el calor y arrastrada por la ventilación, ⁴ por lo tanto, es necesario restituir contantemente esa humedad. Según (Maaño R.C., Maaño R.A.,Chávez E. P., 2019) la humedad también es un factor que contribuye cuando está demasiado seco el aire perderá demasiada agua a la atmósfera haciendo eclosión difícil o imposible y resulta en un huevo más liviano donde el espacio aéreo dentro del huevo se volverá más sustancial. Humedad relativa = [55 -65]% primeros 18 días, [65-75]% últimos 3 días.

Si nos referimos a la ventilación; las condiciones físicas y de preincubación afectan la relación física del huevo y el aire del incubadora, transferencia de calor e intercambio de O₂, CO₂ , y agua, los valores óptimos de los agentes físicos en el la incubadora juega factores relevantes para un proceso fluido caracterizado por la tasa de metabolismo del embrión. (Maaño R.C., Maaño R.A.,Chávez E. P., 2019). En algunos casos el ventilador se encarga de refrescar el medio que rodea a los huevos, en otras ocasiones se encarga de distribuir el calor que se concentra en un punto y en algunas ocasiones también se encargan de intercambiar constantemente ⁶ el exceso de calor acumulado en el interior de una incubadora llevándole al exterior para así poder obtener una pureza de aire fresco o adecuado. Las cáscaras de huevo son porosas, lo que permite que el oxígeno para entrar y dióxido de carbono para salir; las incubadoras necesitan tener orificios o respiraderos que permitan la circulación de aire fresco para que los fetos pueden respirar. Es mantener el O₂ y el CO₂ contenido de una atmósfera en el huevo que se incuba cámara al 21% y 0,5% respectivamente (Woldehana Uro T., 2019).

Con respecto al volteo de huevos; es necesario voltear los huevos periódicamente para evitar que se peguen a la superficie del cascaron, para aprovechar adecuadamente ⁴ el oxígeno en toda la superficie del cascaron. Este procedimiento se deberá realizar durante los primeros 18 días para el desarrollo normal de los embriones. Este proceso también mejora la calidad de los pollitos nacidos y mejora por ende la productividad. En una incubadora artificial los huevos están dispuestos en bandejas con posición boca arriba. esto se hace para permitir que se incuben más huevos en un ajuste y aumentar la calidad de los pollitos y la

incubabilidad, el giro de los huevos impide con frecuencia la adherencia de los embriones a la cáscara, evitando muertes y pérdidas en la productividad (Woldehana Uro T., 2019).

Referente a las condiciones de incubación; Castilla Gómez & Mendoza Galicia, 2014. mencionan que existen factores identificados necesarios para el proceso de incubación que el avicultor debería tener en cuenta para un óptimo proceso de incubación y evitar pérdidas como son: a). la calidad de los huevos incubables; b) nutrición de las reproductoras, c) manejo del ambiente; d) higiene del galpón; e) almacén y c) transporte de huevos

La incubación es el proceso de mayor importancia en el ciclo de vida de los pollos, y el ambiente de incubación tiene un efecto duradero en ¹³ la salud y el bienestar de los pollos a lo largo de sus vidas, estudios han demostrado que de este proceso depende mejorar el crecimiento embrionario acortar el tiempo de eclosión, mejorar la conversión alimenticia, reducen la respuesta de miedo de los pollitos después eclosión y afectan el comportamiento de los pollitos después de la eclosión (. Tucker Z., Jeffrey D, y Archer, G. S., 2017).

II. METODOLOGÍA

2.1. Objeto de estudio

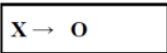
Tipo de Investigación: Descriptiva.

Diseño de investigación: Experimental, con diseño de post prueba.

Primero se implementó la variable independiente, es decir se implementó la incubadora semiautomática de aves de corral, donde se aplicará las variaciones de las dimensiones de la temperatura y humedad relativa antes mencionadas de la incubadora, manteniendo constantes las otras dimensiones como volteo automático y ventilación; para luego medir la variable dependiente, es decir el nivel de producción de eclosión de huevos.

Se realizaron las incubaciones con dos muestras de temperatura y dos de humedad, siendo constantes las otras variables, es decir un total de 04 pruebas realizadas.

El diagrama de diseño es:



The diagram shows a rectangular box containing the text 'X → O', representing the experimental design flow from treatment to observation.

X: Tratamiento aplicado al grupo experimental

O: Observación de los efectos mediante una post prueba

2.2. Variables

2.2.1 Variable independiente

Incubadora semiautomática de huevos de aves de corral

2.2.2 Variable dependiente

Producción de nacimientos de aves

5
2.2.3 Operacionalización de variables

Tabla N°1
Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores.	Indicadores	Escala
V.1: Incubadora semiautomática de huevos de aves de corral	Implementación de un prototipo de incubación artificial, mediante el cual se provean las condiciones aptas de humedad y temperatura, ventilación para el correcto desarrollo embrionario del ave.	Prototipo de incubadora casera con las siguientes características: Altura: 79 cm Ancho: 45 cm Fondo: 48 cm Espesor: 2.7 cm Temperatura: 38 -38.5 °C Humedad: 50% y 70% Ventilación: adecuada Volteo de huevos 1 V/hora.	DISEÑO FÍSICO TEMPERATURA HUMEDAD VENTILACIÓN VOLTEO DE HUEVOS	Largo en cm Ancho en cm Espesor en cm Grados centígrados promedio/hora Humedad relativa promedio/día Promedio de veces/día Cantidad veces de volteo de huevos: 1/h.	Nominal
V.2: Producción de nacimientos de aves	Huevos de aves de corral, que eclosionan satisfactoriamente, de acuerdo a los huevos fértiles utilizados en la incubación.	Cantidad de huevos de aves que eclosionan sin problemas después de un periodo de 21 días.	PRODUCCIÓN	Cantidad de huevos/ unidad de tiempo.	Nominal

2.3. Pruebas y resultados:

Se realizaron 04 pruebas:

- 02 variaciones de temperatura: 38°C y 38.5°C
- 02 variaciones de humedad: 50% y 70%

Tabla N°2

Combinación de posibles pruebas.

TEMPERATURA	HUMEDAD	COMBINACIÓN DE PRUEBAS
38 °C	50%	38°C/50%
	70%	38°C/70%
38.5 °C	50%	38.5°C/50%
	70%	38.5°C/70%

Los resultados del porcentaje de producción, se hallaron a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de producción de aves: } \frac{\frac{\text{N}^\circ \text{ de nacimientos}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos incubados}}}{\frac{\text{N}^\circ \text{ de huevos fértiles}}{\text{N}^\circ \text{ de huevos incubados}}} \times 100$$

1
Población: Estuvo constituida por 03 bandejas de 24 huevos, siendo un total de 72 huevos

Muestra: Fue el total de la población: 72 huevos.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica:

La observación, de los aparatos indicadores de temperatura, humedad, ventilación y volteo de huevos.

Instrumento:

Una ficha de observación experimental, donde se registraron todos los datos de los cálculos realizados y las observaciones obtenidas post pruebas.

Procedimiento:

En primer lugar, se realizó la implementación de la incubadora semiautomática, a través del diseño del prototipo posteriormente el cálculo de componentes:

El diseño del prototipo, se elegirá mediante tres alternativas y mediante criterios de selección para elegir una alternativa óptima, teniendo en cuenta la valoración técnica y valoración económica. La valoración técnica a través de Escala de valores según VDI 2225 y la valoración económica teniendo en cuenta el menor costo posible.

Se realizó el cálculo de espesor de aislamiento teniendo en cuenta el costo, las características del material para el diseño de la estructura, el cálculo del espesor térmico y el calor disipado con la siguiente formula:

$$Q = \frac{T_{int} - T_{ext}}{Req.}$$

Tint: Temperatura interior

Text: Temperatura mínima externa.

Req. Resistencia equivalente al flujo de energía.

Para la elaboración del humidificador se tuvo en cuenta las condiciones climáticas variables de la ciudad de Trujillo, este deberá mantener la temperatura desde 50% a 70 %, para lo que se deberá suministrar las cantidades de agua requeridas. Para el cálculo de la masa de agua presente en el aire de la incubadora, se tendrá en cuenta la ley de Dalton donde volumen de aire = volumen de vapor de agua = volumen de la incubadora (Ley de Dalton), empleando la ecuación:

$$n = P_v x V / R x T$$

n: Volumen de agua en el interior de la incubadora.

V: Volumen del interior del gabinete.

R: constante de gases.

T: Temperatura al interior

Pv: Presión parcial de vapor de agua.

La energía perdida por la humidificación se calculó tomando en cuenta el vapor saturado por el cambio de fase, de la temperatura mínima ambiental inicial hasta llegar a la temperatura de 100 °C, presión atmosférica.

$$\text{Humedad requerida} = \text{HR } 70\% - \text{HR } 50\%.$$

Se usó la primera ley de termodinámica, que nos permite realizar el balance de energía requerida y encontrar el cálculo de energía necesaria para que los huevos sean incubados:

$$Q = m(T_1 - T_2) \cdot C_v.$$

m: masa

T1: Temperatura inicial

T2: Temperatura final

Cv: Calor específico a volumen constante.

La selección del ventilador se tendrá en cuenta la presión y fuerza que debe tener para mover el aire en el interior de la incubadora.

2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos fueron recolectados en una ficha de seguimiento para control de temperatura y humedad, luego se tabuló en el Excel para su mejor procesamiento y posteriormente al programa estadístico Minitab, versión 19 para su análisis estadístico.

2.6. Ética Investigativa.

El presente trabajo consideró las normas establecidas por la universidad, con compromiso, responsabilidad en la recolección y proceso de datos. Respetando el derecho de autenticidad mediante las citas elaboradas de las ideas de dichos autores tomando en cuenta las normas APA, 2020.









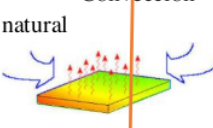



III. RESULTADOS

3.1 Diseño de prototipo de incubadora

Se ha planteado diferentes alternativas de solución, según las características de nuestra incubadora usando una matriz con las posibles soluciones para los problemas planteados, dando como resultado el mejor prototipo. La incubadora tiene como objetivo principal la mejora de producción de aves de corral; los componentes que hacen posible esto son la interacción entre los factores de temperatura y humedad ideal ventilación y volteo de huevos todos dentro de un adecuado diseño y elaboración del prototipo.

En la siguiente matriz morfológica tenemos alternativas de solución donde se muestra los componentes de diseño que se pueden utilizar para el mejor prototipo de incubadora. Según Finger (1989) y Cross (2021), este análisis morfológico es esencial para investigar e identificar un conjunto de posibles soluciones, el estudio de la forma de cada una de sus partes y como estos se conforman para crear un conjunto, lo que puede ser representado en una tabla morfológica.

3.1.1 Matriz morfológica

MATRIZ MORFÓLOGICA		
Diseño de incubadora casera semiautomática para huevos de aves de corral		
Alimentador de energía	Solar 	Red de hidrandina 
Control de temperatura	Manual 	Automático 
Humedad	Natural 	Automático 
Volteo de huevos	Manual 	Automático 
Distribución de Calor	Convección natural 	Convección de aire forzado 
Bandeja de huevos	Casilleros plásticos 	Fabricado 

- S1 → (Solución 1)
- S2 → (Solución 2)
- S3 → (Solución 3)

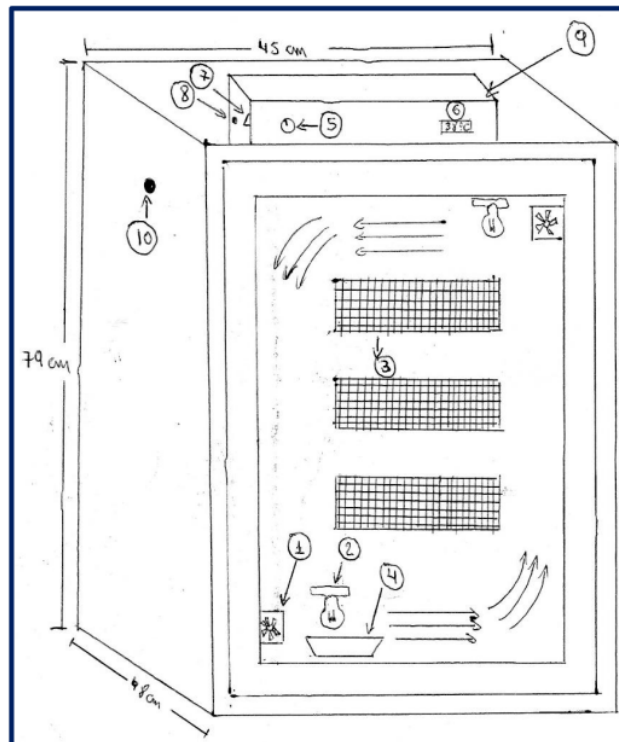
Con las alternativas planteadas para cada componente concluimos con tres posibles soluciones observados con las flechas de color amarillo, negro y celeste.

3.1.2 Conceptos de solución:

Concepto de solución 1: Este concepto lo podemos ver en el esquema de mano alzada que se muestra en la figura 2. Lo que se observa a través de la unión de la línea de color naranja, que une todos los componentes que conforman este prototipo. Aquí la incubadora se compone de material lámina delgada de aluminio y espuma de poliuretano, el cajón cuenta con 2 agujeros uno para movilizar el aire interior y el otro como respirador, los instrumentos de medición se encuentran en la parte superior encima del cajón tales como un termómetro digital y una perilla de regulación de intensidad.

Figura N°2

Esquema de concepto de solución 1

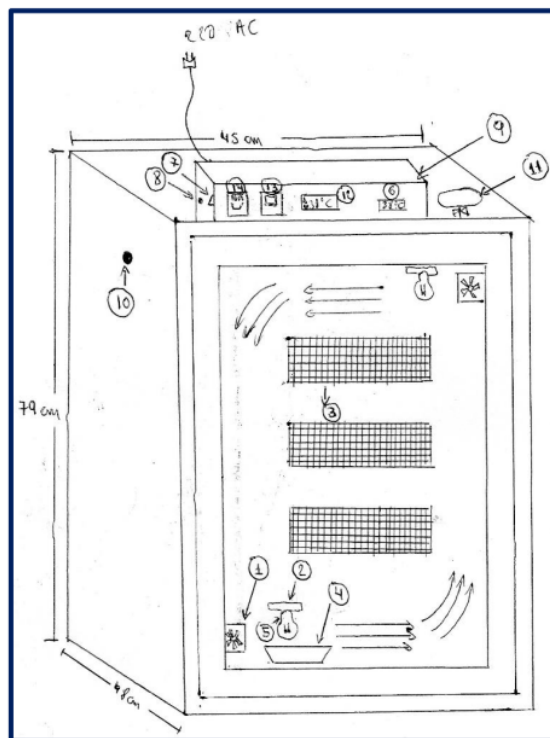


1. Ventilador
2. Lampara incandescente.
3. Bandeja de huevos
4. Recipiente para agua
5. Regulador de intensidad
6. Termómetro digital
7. Interruptor de 3 pines
8. Porta fusibles
9. Caja de conexiones
10. Desfogue

Concepto de solución 2: Este concepto lo podemos ver en el esquema de mano alzada que se muestra en la figura 3. Lo que se observa a través de la unión de la línea de color negro, que une todos los componentes que conforman este prototipo. Aquí la incubadora se compone del mismo material ya mencionado en la solución 01, a diferencia de la fuente de alimentación de hidrandina esta alimentación viene de un sistema de panel solar y equipos 100 % automático tal como lo muestra la matriz morfológica.

Figura N°3

Esquema de concepto de solución 2

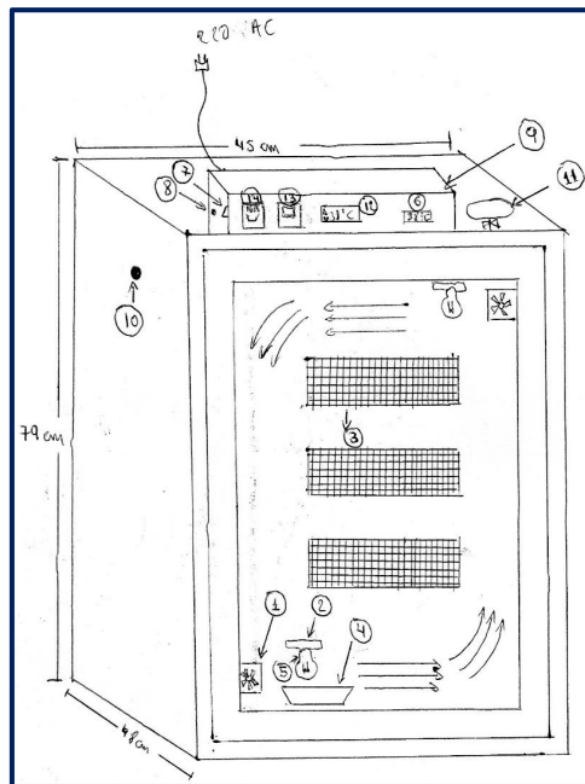


1. Ventilador
2. Socket
3. Bandeja de huevos
4. Recipiente para agua
5. Lampara incandescente.
6. Termómetro digital
7. Interruptor de 3 pines
8. Porta fusibles
9. Caja de conexiones
10. Desfogue
11. Sistema de goteo
12. Controlador de temperatura digital
13. Interruptor horario digital
14. Llave termomagnética.

Concepto de solución 3: Este concepto lo podemos ver en el esquema de mano alzada que se muestra en la figura 4. Lo que se observa a través de la unión de la línea de color azul, que une todos los componentes que conforman este prototipo. Aquí la incubadora se compone de mismo material tal como lo muestra la solución 01 y 02, aunque cambia en algunos procesos por ser semi automático cuenta con todo el material ya trazado en la matriz morfológica contiene todos los instrumentos de medición menos el control de goteo de agua.

Figura N°4

Esquema de concepto de solución 3



1. Ventilador
2. Socket
3. Bandeja de huevos
4. Recipiente para agua
5. Lampara incandescente.
6. Termómetro digital
7. Interruptor de 3 pines
8. Porta fusibles
9. Caja de conexiones
10. Desfogue
11. Sistema de goteo
12. Controlador de temperatura digital
13. Interruptor horario digital
14. Llave termomagnética.

3.1.3 Evaluación de alternativa más adecuada.

Una vez desarrollado las posibles soluciones en función al problema planteado, hemos procedido a la evaluación técnica y económica, para lo cual empleamos la norma VDI 2225, que nos permitirá obtener el prototipo más óptimo, con mínimo costo y que sea más viable (Gómez Arias, 2018 y VDI2225-4, 1997). Tomando en cuenta esta norma se desarrollaron las tablas 03 y 04 de evaluación técnica y económica respectivamente.

3.1.3.1 Evaluación técnica: escala de valores según VDI 2225.

Tabla N°3

Tabla de evaluación técnica:

Valor técnico X i											
P: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)											
0 = no satisface, 1 = aceptable a las justas, 2 = suficiente, 3 = bien, 4 = muy bien (ideal)											
G: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación											
Criterio de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos											
Variantes del concepto			Importancia	S1		S2		S3		S ideal	
N°	Criterios de evaluación	de	G	P	Gp	P	Gp	P	Gp	P	Gp
1	Alimentador de energía	de	3	3	9	2	6	3	9	3	9
2	Control de temperatura	de	3	1	3	3	9	3	9	3	9
3	Control de humedad	de	3	2	6	3	9	2	6	3	9
4	Volteo de huevos		2	1	2	3	6	3	6	3	6
5	ventilador		3	1	3	1	3	3	9	3	9
6	Bandeja de huevos	de	2	3	6	2	4	2	4	3	6
Puntaje máximo Σp_g			16		29		37		43		48
valor Técnico X i					0.60		0.77		0.89		1
Orden					3		2		1		

Al final se obtuvo un valor para cada solución, estos valores se compararon con el valor de la solución ideal y así obtener valores relativos para cada criterio (Gómez Arias, 2018 y VDI2225-4, 1997), usando la siguiente formula:

$$X_i = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{np_{max}} = \frac{\frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n}}{p_{max}} = \frac{\bar{p}}{p_{max}} \leq 1$$

$$X_i = \frac{g_1 p_1 + g_2 p_2 + g_3 p_3 + \dots + g_n p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) p_{max}} \leq 1$$

Por tanto según la ⁸ evaluación la solución 1 es la más óptima, luego sigue la solución 3 y por último la 2

3.1.3.2 Evaluación económica

Tabla N°4

Tabla de evaluación económica

Valor económico Y _i										
5										
P: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)										
0 = no satisface, 1 = aceptable a las justas, 2 = suficiente, 3 = bien, 4 = muy bien (ideal)										
G: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación										
Criterio de evaluación para diseño en fase de conceptos o proyectos										
Variantes del concepto		Importancia	S1		S2		S3		S ideal	
N°	Criterios de evaluación	G	p	Gp	p	Gp	p	Gp	P	Gp
1	Mantenimiento	2	2	4	1	2	1	2	2	4
2	Costo de tecnología	2	2	4	1	2	1	2	2	4
3	Costo de fabricación	3	1	3	0	0	2	6	2	6
Puntaje máximo Σ gp		7	11		4		10		14	
valor Técnico Y _i			0.7		0.2		0.7		1	
			8		8		1			
Orden			1		3		2			

Ya obtenido la puntuación final, procedemos a obtener los valores relativos (Gómez Arias, 2018 y VDI2225-4, 1997), con la siguiente fórmula:

$$Y_i = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n p_{max}} = \frac{\frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n}}{p_{max}} = \frac{\bar{p}}{p_{max}} \leq 1$$

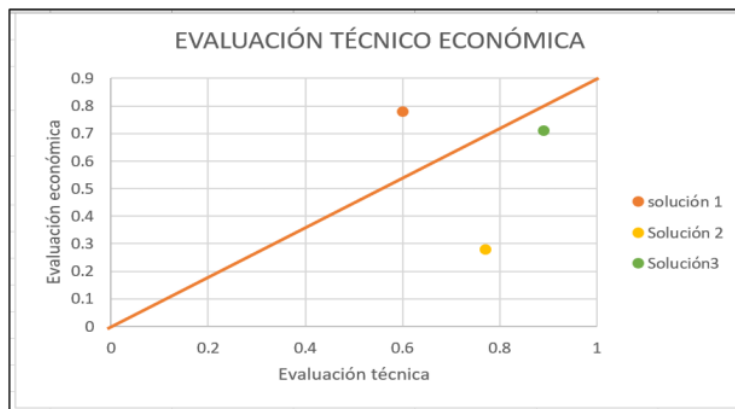
$$Y_i = \frac{g_1 p_1 + g_2 p_2 + g_3 p_3 + \dots + g_n p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) p_{max}} \leq 1$$

La tabla 5, nos muestra las mejores soluciones económicas, donde en primer lugar está la solución 3

Finalmente obtenemos el diagrama de valoración de proyectos según la VDI 2225, (Gómez Arias, 2018 y VDI2225-4, 1997). donde el eje x representa el valor técnico y el eje y el valor económico; para obtener el prototipo de solución más adecuado.

Figura N°5

Diagrama de evaluación de proyectos según la VDI 2225



Según el diagrama anterior observamos que la solución 3 coincide con la línea característica de la solución óptima, y se concluye que es el mejor prototipo para diseñar.

3.1.4 Cálculo y selección de componentes.

Los componentes con los cuales cuenta la incubadora se compone de la estructura paredes de material lamina delgada de aluminio y espuma de poliuretano, el cajón cuenta con 2 agujeros uno para mover el aire interior con el uso de un ventilador y el otro como respirador, los instrumentos de medición se encuentran en la parte superior encima del cajón tales como un termómetro digital y una perilla de regulación de intensidad además de una bandeja para el agua para suministrar la humedad, el sistema de calefacción conformado por las bombillas incandescentes y las bandejas de huevos adaptadas a un motor que ayuda al volteo adecuado de huevos para una óptima incubación.

3.1.4.1. Cálculo de energía perdida a través del espesor del aislamiento.

Para la realización del prototipo se tuvo que utilizar un material que ofrezca un adecuado aislamiento y baja pérdida de calor térmico, eso nos permitirá ahorrar electricidad y beneficiarnos durante el proceso de incubación, además de tener una mayor estabilidad de temperatura en el interior de la incubadora. Dentro de los factores a considerar tenemos: que debe ser de material aislante, con mínima transferencia de calor a través del material de aislamiento, bajo costo y que nos muestre seguridad.

Es así que optamos por, el uso de un frigobar reciclable como caja de aislamiento térmico.

A. Para comprobar el espesor del aislamiento térmico:

- **Material exterior e interior:**

El cuerpo principal del frigobar, la parte exterior de la caja y la puerta, están compuestas de láminas de aluminio de 1mm de espesor, con una conductividad térmica de 205 W/mK. (Torre, 2023). Estas tiras

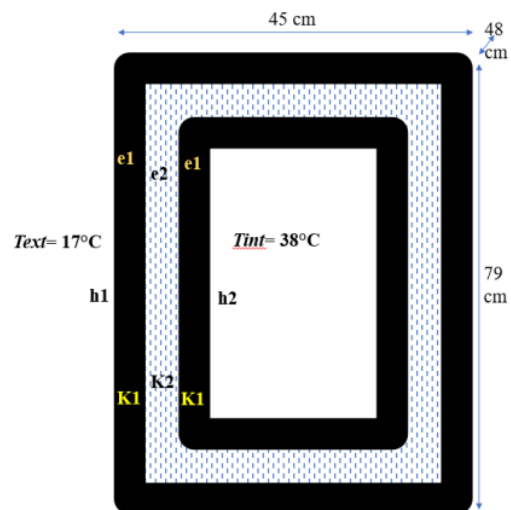
planas y delgadas de láminas metálicas y e aluminio son utilizadas en los procesos de fabricación de estos artefactos y proporcionan la materia prima para el gabinete interno y externo, es decir es contraplacada, en cuyo interior se encuentra el material aislante (Boast, 2023).

- **Material aislante:**

El material utilizado como aislante térmico en este caso fue el poliuretano, este es un polímero espumoso de Celdas cerradas 3% polímero 97 % fase gaseosa, inerte a los productos químicos de uso frecuente, es biológicamente limpia por su estructura celular cerrada y con un coeficiente de aislamiento, de todos los materiales aislantes 0.021 W/mK. (González, 2020).

Figura N°6

Descripción de la pared de la estructura de la incubadora.



Para calcular el espesor térmico: Tenemos lo datos conocidos:

- Dimensiones del equipo: 45 cm x 48 cm x 79 cm
- Área de la cara de mayor tamaño (A): 0.79 m x 0.48 m = 0.38 m
- Temperatura mínima externa: $T_{ext} = 17^{\circ}\text{C}$
- Temperatura interna: $T_{int} = 38^{\circ}\text{C}$
- Conductividad térmica de la lámina de aluminio: $K_1 = 205 \text{ w/m k.}$
- Conductividad térmica espuma de poliuretano: $K_2 = 0.021 \text{ w/m k.}$
- Coeficiente de convección T exterior: $h_1 = 10 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Coeficiente de convección T interior: $h_2 = 20 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Espesor de lámina de aluminio: $e_1 = 1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m.}$
- Espesor de aislamiento: $e_2 = 2.5 \text{ mm} = 0.025 \text{ m.}$

Los valores de h_1 y h_2 se han obtenido de los cuadros de valores típicos para el coeficiente de transferencia de calor por convección. (Anexo 05). Teniendo en cuenta que es menor el coeficiente por convección natural de aire que tenemos en la parte externa de la incubadora y mayor en el interior donde el aire será forzado a calentarse. (Dassault Systemes , 2023) (Cengel, 2016).

Para hallar la energía perdida o calor disipado usaremos la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{eq}}$$

Donde $Q =$ Calor perdido

$R_{eq} =$ Resistencia equivalente al flujo de energía.

Para Cruz Fierro, 2023; usando las fórmulas de coordenadas rectangulares, que en nuestro caso que trabajamos con una caja de frigobar, tuvimos que considerar las resistencias por convección tanto de interior como exterior tomando en cuenta la resistencia por conducción de las tres paredes. Por tanto, la resistencia térmica total sería la

sumatoria de cada una de las resistencias de cada material, ya que se considera que están en serie (“Área tecnológica”, 2023).

Por tanto, el **Req** será:

$$Req = \frac{1}{h1 \times A} + \frac{e1}{K1 \times A} + \frac{e2}{K2 \times A} + \frac{e1}{K1 \times A} + \frac{1}{h2 \times A}$$

Luego; la energía disipada o calor perdido a través de una pared de materiales diferentes estará compuesta por la diferencia entre la superficie interior y exterior sobre la suma de cada una de las resistencias de cada material (“Área tecnológica”, 2023); reemplazando los datos tenemos:

$$Q = \frac{38 - 17}{\frac{1}{10 \times 0.38} + \frac{0.001}{205 \times 0.38} + \frac{0.025}{0.021 \times 0.38} + \frac{0.001}{205 \times 0.38} + \frac{1}{20 \times 0.38}}$$

$$Q = 5.9 \text{ W}$$

La energía disipada a través de las paredes en condiciones estables es de 5.9 W. Esto nos demuestra una mínima pérdida de calor; considerando adecuada la estructura para una incubación.

3.1.4.2. Cálculo la humedad requerida

Para la humidificación se debe tener en cuenta todos los factores que intervienen en la modificación del ambiente interior de la incubadora. Entre estos tenemos las condiciones climáticas del lugar donde estará ubicada nuestra incubadora. Esto no quiere decir que no esté preparada para funcionar adecuadamente en otros lugares, sino que el estudio de estos factores no permite la elaboración de un diseño exitoso.

Las características más adecuadas que debe poseer un humidificador para que nuestra incubación sea exitosa son:

- Proveer ¹ la cantidad de agua necesaria para mantener la humedad relativa estable en un rango de 70%.
- El humidificador debió elevar la humedad de 50% al 70% en menos de 3 minutos para evitar daños del embrión.

Para hacer los cálculos que se realizaron se tuvo en cuenta las condiciones ambientales ambientales de la ciudad de Trujillo (INEI, 2022) (Quiroz, 2020).

A. Características ambientales de ¹ la ciudad de Trujillo.

- Presión atmosférica = 990 hPa
- Humedad relativa = 93% en temporada de precipitaciones y 87% en temporadas calurosas.
- Temperatura mínima = 17 °C

B. Condiciones iniciales:

- Humedad relativa promedio = 90%
- Temperatura ambiente promedio = 20 °C

C. Condiciones finales:

- Humedad relativa = 70%
- Temperatura = 38°C

Figura N°7

Humedad relativa promedio mínima y máxima por estación, 2012-2020

5. HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO, MÍNIMA Y MÁXIMA ANUAL POR ESTACIÓN DE MEDICIÓN, 2012-2020
(Porcentaje)

Año	El Salto (Tumbes)			Paíta (Piura)			Lobos de Afuera (Lambayeque)			Salaverry (La Libertad)			Chimbote (Áncash)		
	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.
2012	82	54	97	74	68	77	91	88	94	92	87	95	83	80	87
2013	81	50	98	75	68	81	91	89	94	91	89	93	84	81	86
2014	...	...	...	76	69	82	91	86	93	89	83	92	83	79	89
2015	81	51	99	...	...	...	91	87	94	...	...	...	83	80	87
2016	86	47	100	...	...	...	91	88	94	91	90	90	85	82	92
2017	93	49	100	...	...	...	90	83	93	91	88	95	83	81	85
2018	...	...	...	...	...	...	92	87	84	92	90	96	84	72	91
2019	85	81	88	69	59	74	92	88	94	87	84	92	85	81	94
2020	86	82	90	67	59	72	92	90	94	89	87	91	85	81	88

Fuente: Marina de Guerra del Perú (MGP) - Dirección de Hidrografía y Navegación (DIHIDRONAV).

Figura N°8

Temperatura del aire promedio mínima y máxima anual 2006 - 2020

3. TEMPERATURA DEL AIRE PROMEDIO, MÍNIMA Y MÁXIMA ANUAL POR ESTACIÓN DE MEDICIÓN, 2006-2020
(Grados Celsius)

Año	El Salto (Tumbes)			Paíta (Piura)			Lobos de Afuera (Lambayeque)			Salaverry (La Libertad)			Chimbote (Áncash)		
	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.
2006	25.2	23.2	27.2	23.2	21.1	26.2	20.0	18.2	23.8	19.8	18.0	23.0	20.9	18.8	23.7
2007	25.3	23.2	27.4	22.2	18.6	26.7	18.8	15.5	23.7	18.8	15.8	23.7	18.9	16.3	23.0
2008	25.5	24.5	26.7	23.4	20.9	26.9	20.3	17.6	25.1	20.3	18.3	24.6	20.8	18.2	27.0
2009	24.2	19.0	25.6	23.3	20.3	27.8	20.0	17.4	22.7	20.5	18.0	23.6	20.7	18.3	23.0
2010	24.3	21.7	26.3	23.4	20.3	26.9	19.5	15.9	24.0	19.7	16.2	24.3	20.2	16.1	24.8
2011	25.7	24.2	27.7	21.7	18.9	25.4	19.6	16.6	22.6	19.3	16.5	22.5	20.0	17.1	21.9
2012	23.7	19.3	30.9	27.1	22.5	33.5	20.6	18.2	23.1	21.0	18.5	23.4	21.3	18.8	23.3
2013	24.2	18.4	32.3	25.5	22.7	29.8	18.9	16.3	22.5	19.0	16.9	22.4	19.5	16.9	22.5
2014	...	...	...	26.6	20.8	34.0	20.2	17.4	22.9	20.7	18.1	23.2	21.4	18.4	23.6
2015	25.8	21.2	32.9	...	...	...	21.8	19.4	23.5	21.9	20.0	23.5	22.4	20.1	24.1
2016	25.5	21.2	32.9	...	...	...	20.8	18.6	24.8	21.7	18.1	25.4	21.6	18.6	25.8
2017	24.1	23.9	24.2	...	...	...	20.8	17.0	27.5	21.3	17.2	27.4	22.1	17.8	27.1
2018	26.1	23.9	27.8	...	...	...	19.6	17.3	21.7	19.8	16.8	22.6	20.2	17.3	23.0
2019	25.4	22.4	27.7	23.4	19.5	27.3	20.2	16.6	27.3	20.6	17.2	25.1	20.8	17.2	25.3
2020	27.3	24.2	29.6	23.1	19.4	27.7	19.7	16.4	23.7	19.6	16.7	23.3	20.4	17.2	24.4

Fuente: Marina de Guerra del Perú (MGP) - Dirección de Hidrografía y Navegación (DIHIDRONAV).

Figura N°9

Presión atmosférica

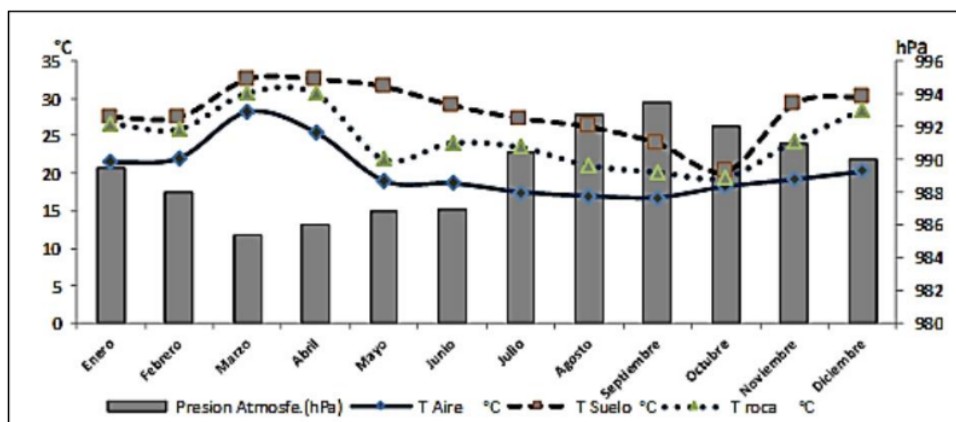
Temperatura del aire (X) y presión barométrica (y) tomada en la quebrada San Ildefonso (año 2018)

Meses	Temp. Aire °C (X)	Presión barom. hPa (y)
1	21,50	989,50
2	22,10	988,00
3	28,30	985,40
4	25,50	986,00
5	19,00	986,80
6	18,70	987,00
7	17,50	990,40
8	17,00	992,70
9	16,80	993,50
10	18,30	992,00
11	19,20	991,00
12	20,30	990,00

12 Fuente: Avance del Estudio de Pre Inversión del Proyecto "Control de Inundación en la Quebrada de San Ildefonso-Trujillo"2018

Figura N°10

Comparativo entre temperatura del aire y presión atmosférica



12

Fuente: Avance del Estudio de Pre Inversión del Proyecto “Control de Inundación en la Quebrada de San Idelfonso-Trujillo”2018

D. Cálculos:

Teniendo en cuenta nuestras necesidades de humedad (50% y 70%) y las condiciones climáticas de la ciudad de Trujillo, este deberá mantener la humedad desde 50% a 70 %, para lo que se deberá suministrar las cantidades de agua requeridas, y el cambio entre humedad no debió superar los 3 minutos al iniciar la incubación.

Al analizar los estados termodinámicos presentes en el proceso de la incubación, este ⁴inicia con el aire húmedo que tenemos en condiciones ambientales (condiciones de la ciudad de Trujillo) (INEI, 2022) esto sometido al calentamiento de la resistencia que alcanza una temperatura promedio deseada ¹de 38°C disminuyendo la humedad relativa a 50%, por el aumento de la temperatura. Por tanto, tenemos:

1. Para la humedad relativa de 50%:

- T= 38°C de temperatura
- HR= 50%= 0.5
- Pvs= 49.75255mmHg; esta se obtuvo de la tabla de presión de agua líquida entre 0°C y 374°C. (Renedo, 2017) (anexo 01)

La humedad relativa viene a ser la cantidad de agua en una muestra de aire en comparación con la cantidad de agua que tendría estando totalmente saturado. Donde nuestro objetivo es calcular la presión de vapor de agua necesario para una humedad de 50% con la siguiente fórmula (Gregory, 2023):

$$HR = \frac{P_v}{P_{vs}} \times 100\%$$

HR: Humedad Relativa
Pv: Presión de vapor
Pvs: Presión de vapor de saturación

Entonces:

$$P_v = HR \times P_{vs} \div 100$$

$$P_v = 50 \times 49.75255 / 100$$

$$P_v = 24.876275$$

La presión parcial de vapor de agua es **24.876275** mm Hg.

Para calcular el volumen de agua presente en el aire en el interior de la incubadora usaremos la ecuación de gas ideal (Flowers y col, 2023):

$$P \times V = n \times R \times T$$

Datos:

P = Presión a la que se encuentra el gas = **24.876275** mmHg = **0.03273** atm.

V = volumen ocupado por el gas = 0.38 m³ = 380 L

¹ R = Constante universal de los gases = 0.08206 l x atm/mol x °K

T = Temperatura interior = 38°C = 311 °K

n = Número de moles = $\frac{M}{Mm}$, donde m es la masa de la sustancia y Mm es la masa atómica o molar.

Reemplazando tenemos que: $n = \frac{P \times V}{R \times T} = \frac{0.03273 \text{ atm} \times 380 \text{ L}}{0.08206 \text{ l} \times \frac{\text{atm}}{\text{mol} \times \text{°K}} \times 311 \text{ °K}}$

n = 0.48734 moles de H₂O

Y, $n = 0.48734 \text{ mol de H}_2\text{O} \times \frac{18 \text{ g de H}_2\text{O}}{\text{mol de H}_2\text{O}} = 8.77 \text{ mL de H}_2\text{O}$

2. Para la humedad relativa de 70%:

Luego para humidificar al 70% con la misma temperatura tenemos de la misma forma las siguientes ecuaciones, con las variables ya conocidas:

T= 38°C de temperatura

HR= 70%= 0.7

P_v= 49.75255mmHg

Hallamos la presión de vapor de agua:

$$P_v = HR \times P_{vs} \div 100$$

$$P_v = 70 \times 49.75255 / 100$$

$$P_v = 34.826$$

⁹ La presión parcial de vapor de agua es 34.826 mm Hg / 760 = 0.0458 atm

Para calcular la masa tenemos que:

$$n = \frac{P \times V}{R \times T} = \frac{0.0458 \text{ atm} \times 380 \text{ L}}{0.08206 \text{ l} \times \frac{\text{atm}}{\text{mol} \times \text{K}} \times 311 \text{ }^\circ\text{K}} = 0.682 \text{ moles de H}_2\text{O}$$

$$Y, n = 0.682 \text{ mol de H}_2\text{O} \times 18 \text{ g de H}_2\text{O} / \text{mol de H}_2\text{O} = 12.28 \text{ mL de H}_2\text{O}$$

3. Análisis de la humedad relativa para aumentar del 50% al 70%:

Después de realizar los cálculos respectivos podemos concluir que para aumentar la humedad relativa el aporte de agua es mínima, esto porque influyen todos los factores antes mencionados entre ellos uno de los más importantes son las condiciones de humedad ambientales. Por tanto:

$$\text{El volumen de agua para mantener la HR al } 70\% = 12.28 \text{ mL de H}_2\text{O}$$

$$\text{El volumen de agua para mantener la HR al } 50\% = 8.77 \text{ mL de H}_2\text{O}$$

Así, el agua para mantener al 70% HR=3.51 ml de H₂O.

3.1.4.3. Del diseño del calentador:

El dispositivo necesario para el diseño de la incubadora debe tener las siguientes características:

- Debe ser capaz de proveer la energía necesaria para el adecuado desarrollo embrionario de cada huevo.
- Debe ser capaz de calentar el aire del interior de la incubadora desde los 17 °C, que oscila en el ambiente hasta los 38.5°C de temperatura para la incubación en menos de 10 minutos.

- Devolver inmediatamente la energía perdida por la humedad durante el periodo de incubación.
- Fácil de manipulación.
- Bajo costo

3.1.4.4. Cálculo de la energía empleada para calentar el aire en la incubadora.

Para esto tenemos los siguientes datos:

- Dimensiones de la caja incubadora: 45 cm x 48cm x 79 cm
- Volumen= m/d = 45 x 48 x 79 = 170 640 cm³ =0.17064 m³
- Densidad de aire = PM/RT = 1Kg/m³
- Masa = 0.17064 m³ x1Kg/m³ = 0.17064 Kg.

Según Navarro, 2018; para calcular la energía requerida en condiciones estables en la incubadora, podemos usar la formula relacionada a la cantidad de calor aprovechado en el interior de una masa, por tanto, usamos la siguiente formula:

$$Q = mx \Delta TxC$$

Donde:

Q = Cantidad de calor absorbido o emitido en Joul.

ΔT = Variación de temperatura (Temperatura final – temperatura inicial)

m = masa de aire en el interior de la incubadora.

C = Calor especifico a volumen constante = 0.718 kJ/kg·°C

Reemplazando tenemos que:

$$Q = 0.17064 \text{ Kg.} \times (38^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C}) \times 0.718 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q = 2.57290 \text{ kJ} = 2572.90 \text{ J.}$$

Entonces la incubadora necesita **2572. 90 J** para lograr condiciones estables en el interior.

Ahora cuantos W es necesario suministrar para que la incubadora caliente en un tiempo de 10 minutos:

Entonces la potencia a disipar en watts = $\frac{Energia\ total}{Tiempo\ Total}$, donde tiempo en segundos = 600 s

$$P = \frac{2572.90\text{ J}}{600\text{ s}} = 4.3\text{ w}$$

3.1.4.5. Cálculo de la energía usada para calentar los huevos en la incubadora.

Para este caso usamos la misma fórmula anterior mencionada, la que nos permite obtener el calor absorbido en una masa (Navarro, 2018). Para esto tenemos los siguientes datos:

- Masa: es el peso total de los huevos dentro del equipo, siendo un total de 72 huevos con un peso aproximado de 70 gr cada uno esto hace un total de 5.04 Kg.
- Temperatura inicial es de 17 °C.
- Temperatura final es de 38°C.
- Calor específico a volumen constante del huevo es 4.18KJ/Kg°C, esto porque el 80% del peso total del huevo es agua.

Según Navarro, 2018. Reemplazando la fórmula:

$$Q = mx \Delta TxC$$

$$Q = 5.04\text{ Kg.} \times (38^{\circ}\text{C} - 17^{\circ}\text{C}) \times 4.18\text{ kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 442.4112\text{ kJ} = 442411.2\text{ J.}$$

Entonces la energía requerida fue 442411.2 J

Por tanto, para que los huevos alcancen su temperatura estable de 38°C, es importante ocupar un periodo de tiempo prolongado para evitar cambios bruscos de temperatura que tengan efectos perjudiciales para los embriones que estamos incubando; el tiempo propuesto es de 6 horas.

Según. Área de tecnología, 2023; la potencia es igual a la energía por unidad de tiempo, entonces los W es necesario suministrar para que la incubadora caliente en un tiempo de 6 horas será:

La potencia a disipar en watts será = $\frac{Energia\ total}{Tiempo\ Total}$, donde tiempo en segundos = 21600 s

$$P = \frac{442411.2}{21600} = 20.48\ w$$

3.1.4.6. Cálculo de la pérdida de energía por el humidificador:

El proceso de humidificación inicia cuando la resistencia eléctrica calienta el agua esta se pone en contacto con un aire seco o de baja humedad, esto generalmente aire atmosférico, donde parte del agua se evapora, enfriándose así la interfase. (Martín, 2015). Al mismo tiempo, esta agua que se encuentra evaporada en la interfase se transfiere al aire con la ayuda del ventilador, humidificándola. El agua que se encuentra a una temperatura de 17°C como temperatura inicial debe alcanzar los 38°C manteniéndose constante en el tiempo para cambiar de fase.

Según los cálculos anteriores de humedad relativa tenemos que:

HR-50% = 8.77g de H₂O

HR-70%= 12.28 g de H₂O

Por tanto, a la humedad requerida seria la diferencia entre ambos, este valor será:

Humedad requerida = 12.28 g de H₂O - 8.77g de H₂O de H₂O = **3.51 gr de H₂O**

Dimensiones del depósito de agua

Para la dimensión del depósito de agua tomaremos en cuenta su volumen total que es de 3.5 L de agua y tiempo aproximado sin suministrar cambio o más agua de 48 horas.

Volumen de agua en depósito necesaria para la incubación

Para el cálculo del volumen de agua necesario teniendo en cuenta el sistema de goteo usado, el flujo máximo del líquido es de 330 ml/min y el volumen es de 3500 ml (Amaro, 2016).

Según Amaro, 2016; en el sistema de goteo por venoclisis que usaremos, para mantener el volumen constante es igual a Volumen Total = N° gotas x 3T.

$$V = N^{\circ} \text{ gotas} \times 3 T.$$

$$N^{\circ} \text{gts} = 3500/3(48) = 24.3 \text{ gts/ min.}$$

Para encontrar el tiempo en que se llenara nuestro deposito usamos la formula del flujo o caudal de agua (Área de tecnología, 2023):

$$V = Q \times t$$

Donde,

$$Q = \text{caudal de agua} = 330 \text{ ml/min}$$

$$T = \text{Tiempo en minutos}$$

$$V = 3500 \text{ ml}$$

$$3500 \text{ ml} = 330 \text{ ml/min} \times t$$

$$t = 10 \text{ min.}$$

Así, este proceso del llenado dura 10 min, y según esto ¹ la energía requerida para el cambio de fase está dada por la cantidad de energía que nuestro sistema intercambia en el interior de la incubadora para pasar de una

temperatura a otra (Flowers y col. 2023). Por tanto, usaremos la siguiente formula:

$$Q = m \times \Delta h$$

Donde:

$$m = 3.5 \text{ Kg.}$$

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \text{cambio de la entalpía del agua} = 39 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_1 = \text{entalpía del agua a } 17^\circ\text{C} = 2531 \text{ KJ/Kg.}$$

$$h_2 = \text{entalpía del agua a } 38^\circ\text{C} = 2570 \text{ KJ/Kg.}$$

$$Q = 136.5 \text{ KJ} = 136500 \text{ J}$$

La potencia requerida para calentar el agua hasta que se mantenga estable, 6 horas es de:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{136500 \text{ J}}{1440 \text{ s}} = 94.79 \text{ W}$$

3.1.4.7. Cálculo de la energía perdida al abrir la puerta:

Para llegar a realizar este análisis comprobamos que la incubadora de tener una temperatura óptima de 38°C tardo aproximadamente 30 min. a llegar a temperatura de ambiente 17°C la mínima. Esto porque en el ambiente las placas internas permanecen calientes luego de apagar el sistema y abrir las puertas, lo que no permite un enfriamiento rápido.

La energía calculada anteriormente para estabilizar el aire es la misma que va a perder cuando apagamos el sistema **2572.90 J**, en un tiempo de **1800 s**. Por tanto, la potencia que se perdería al abrir la puerta es:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{2572.90 \text{ J}}{1800 \text{ s}} = 1.43 \text{ W}$$

1 3.1.4.8. Selección de la resistencia eléctrica:

Para mantener la temperatura estable dentro de la incubadora, se debe suministrar una adecuada fuente de calor que cubra los requerimientos necesarios antes calculados:

Tabla N°5

Requerimientos necesarios de potencia para la incubadora.

DESCRIPCIÓN	POTENCIA
4 Potencia requerida para calentar el aire de la caja de la incubadora	4.3 W
Potencia perdida por las paredes	5.9 W
Potencia requerida por los huevos	20.48 W
Potencia perdida por la humidificación	94.79 W
Potencia perdida al abrir las puertas	1.43 W
TOTAL	126.9 W

3.1.4.1. Selección del ventilador interno

3.1.4.2. Cálculo del caudal mínimo requerido

El ventilador debe ser capaz de 1 mover el aire total de la incubadora por lo menos 10 veces en una hora. El ingreso de aire debe ser mínima. La velocidad de movimiento de aire debe ser baja, porque no debe actuar como un soplador de aire frío al interior esto porque 9 generaría la pérdida de calor por convección y la generación de una turbulencia en el interior de la incubadora (González Vargas, 2020).

Para calcular el aire requerido tenemos:

$$Q = Nx \frac{V}{t}$$

$$Q=NxVt= 10 x 0.17064 \text{ m}^3= 17064 /1 \text{ h}$$

4
Q= caudal requerido en m³/s

N= n° de veces que el aire del equipo debe ser movido= 10

V= volumen de aire incubadora = 65 cm X 65 cm X 170 cm = 0.17064 m³

t= tiempo de trabajo del ventilador = 1hora

Realizando los cálculos:

El caudal requerido de aire es de 1.7064 m³/hr = 1.0043 CFM

10
La ventilación de aire es un factor importante en el proceso de la incubación esto porque nos permite mantener el aire circulando de manera uniforme en el interior del equipo evitando puntos fríos de temperatura que alteren el proceso de incubación.

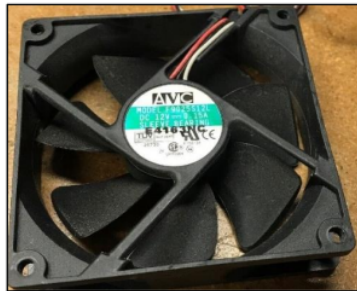
Según lo calculado anteriormente, el aire mínimo que necesitan los embriones para la adecuada incubación es de 1.004 cfm., además se debe garantizar una alta velocidad de este aire dentro de la incubadora, esto nos indicara la temperatura real interna de los embriones leídos a través de los sensores, además de la adecuada oxigenación. Así mismo, tuvimos que tener en cuenta la durabilidad y robustez de aparato ya que este estará funcionando durante 21 días y las 24 horas del día, sin hacer mención a las veces de uso que tendrá en el futuro.

Para esto hemos elegido un modelo de ventilador de PC. de 2100 RPM, lo que nos garantiza el aire necesario dentro del aparato, además posee una durabilidad de 40,000 horas de trabajo, con una velocidad de 2100 RPM, potencia de 1.8 w, (anexo 02) lo que nos garantiza su funcionamiento garantiza confiabilidad durante el uso de la incubadora. (Rodríguez, 2020).

En este proyecto se trabajó a la máxima velocidad del ventilador para garantizar la uniformidad de la temperatura, pero también se realizó una conexión paralela entre la bombilla y el ventilador, esto nos permitirá que el programador digital pueda tener el control de ambas cargas.

Figura N°11

Modelo de ventilador interno de incubadora



3.1.4.3. ²⁰ Volteo de huevos:

El volteo de los huevos es de mucha importancia durante el proceso de la incubación, un adecuado y periódico volteo afecta positivamente o negativamente en el desarrollo del embrión e incluso en el crecimiento posterior de los pollitos. Illescas y col (2022) afirma que los huevos que se voltean en menos de 40 ° a 45 ° disminuirán en calidad y desarrollo embrionario y por ende el número de pollitos vivos.

Por tanto, se optó por realizar un sistema de volteo de huevos automático que ayude al volteo de huevos en más de 45° cada 8 horas por ser el parámetro más adecuado para el desarrollo embrionario. Todos los huevos de aves durante los primeros 18 días estarán sometidos a la rotación a más de 45 ° luego se evitará el movimiento para pasar a la otra fase del nacimiento, donde el embrión es ubicado correctamente para su posterior eclosión.

Para esto, según el modelo de bandejas realizado tendrá una base en malla fija a la estructura y sobre ella un sistema de movimiento acoplado a un motor de revolución de 5/6 ¹ Rev. /minuto para no crear un movimiento brusco, este síncrono permanente, de tamaño de 1.496 pulgadas, de 1.929 pulgada de diámetro adecuado para acoplarlo al sistema (anexo 03).

Esto programado con un interruptor horario digital alion ahc15a 100-250v, con tiempo de corrección automática para el volteo de huevos cada 8 horas, que permite programar los días, horas y segundos (anexo 02).

Figura N°12

Modelo de interruptor horario digital



Figura N°13

Modelo de motor síncrono permanente



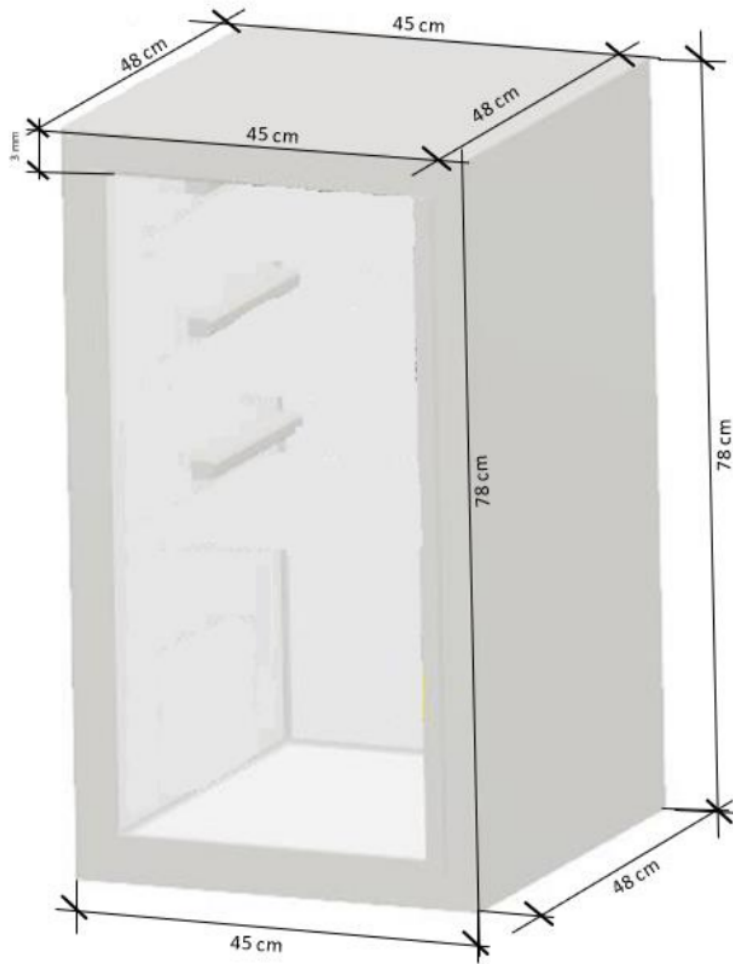
3.1.5 Diseño de la estructura.

Se realizó la reutilización de una estructura de frigobar, de material de aluminio de doble capa y poliuretano como material aislante. Las dimensiones de la caja del frigobar son las siguientes:

Figura N°14

Estructura del frigobar

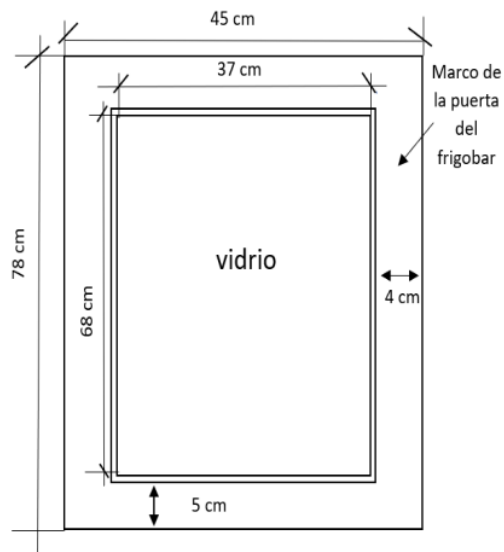
**ESTRUCTURA Y MEDIDAS DE LAS CARAS LATERALES
INFERIOR, SUPERIOR Y GROSOR DEL FRIGOBAR**



Luego se procede hacer la modificación de la puerta del frigobar para así, poder tener una mejor visualización y poder observar detalladamente el proceso de incubación de los huevos en nuestra incubadora; la puerta consta de las siguientes dimensiones:

Figura N°15

Diseños de puerta de incubadora



Luego procedemos a realizar las aberturas de la caja para la ubicación de la lámpara en la parte superior e inferior, la abertura lateral para el ventilador y abastecimiento de agua:

Figura N°16

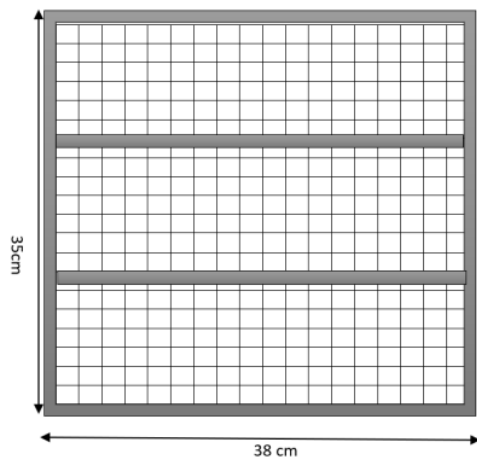
Aberturas de caras superior inferior y laterales de la incubadora.



Elaboración de la base para bandeja de huevos automático donde se empleó materiales como: Angulo de aluminio de $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$, remaches de aluminio de $\frac{5}{32} \times \frac{1}{2}$ y malla alambrada metálica.

Figura N°17

Diseño de base de bandeja de huevos

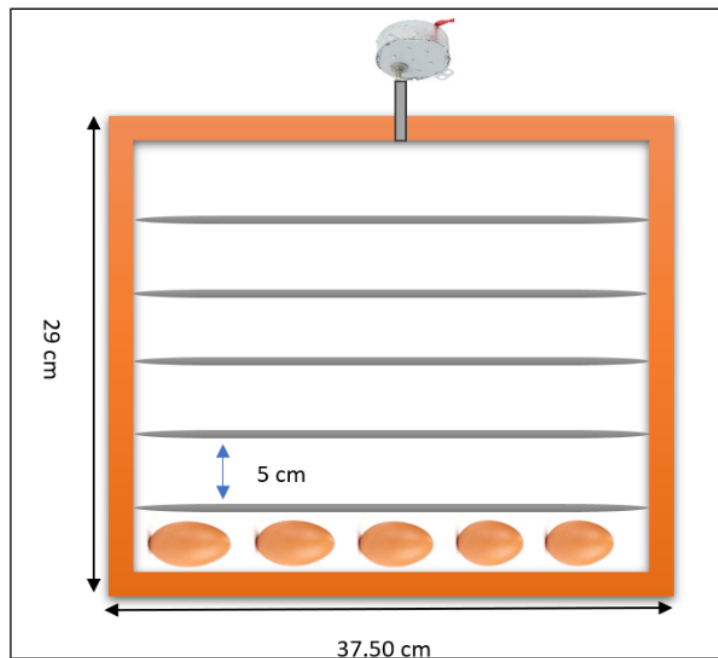


Luego se procedió a elaborar el mecanismo para volteo de huevo automático para lo cual se empleó materiales como (04 regleta de madera de 1 cm x 1.5 cm, 05 tubo de aluminio redondo de 8 mm, 10 tornillos de 3/16 x 1", 04 tornillos de 3/16 x 3/4 y 01 motor pequeño).

Este sistema es controlado por un interruptor horario digital, el cual activa un motor pequeño que a su vez mueve todo el mecanismo que se encarga de voltear los huevos.

Figura N°18

Mecanismo de volteo de huevos



Posteriormente se procedió al diseño de la caja de circuitos, realizando las aberturas para la instalación de las llaves y controladores del circuito de la incubadora:

Figura N°19
Caja de circuitos.



Posteriormente la instalación de la llave termomagnética, el horario digital, controlador digital de temperatura, termómetro de temperatura, interruptor de tres pines y porta fusible.

Figura N°20
Implementación de sistema de conectores y botones en caja de paso



Diseñamos los circuitos:

Figura N°21

Diseño de circuitos

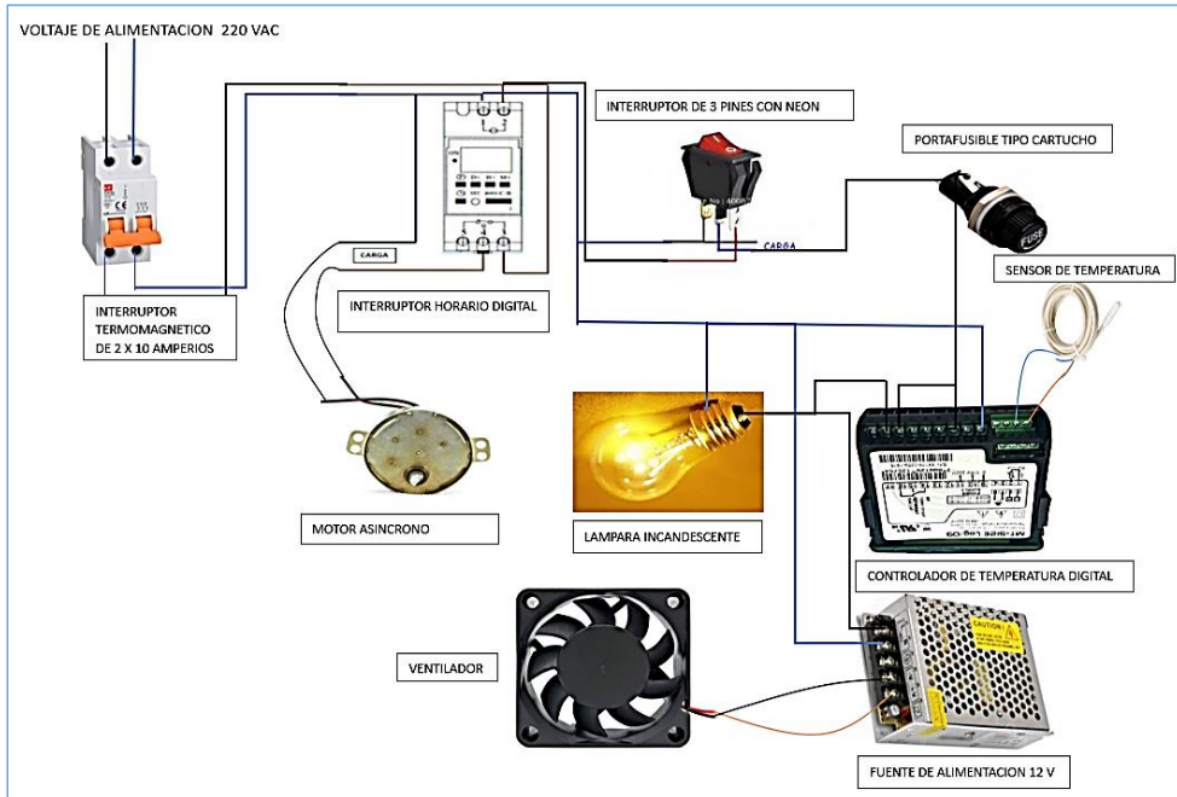


Figura N°22

Diseño final de incubadora



Costos

Para el desarrollo de este prototipo de incubadora se ha tratado de aminorar los costos, por esto optamos por la caja de un frigobar reciclado que se compone de la estructura adecuada para la incubación según los cálculos antes descritos. El resto de materiales fueron adquiridos en tiendas de electrónica y electricidad locales. La moneda usada será el nuevo sol. Esto costos lo dividiremos en:

Costos de materiales para fabricación de prototipo: consta de elementos que pueden adquirirse directamente del mercado y de aquellos que fueron necesarios de fabricar como las bandejas de huevos los circuitos eléctricos y el sistema de volteo de huevos.

Tabla N°6

Costos de materiales para elaboración de prototipo de incubadora

DESCRIPCIÓN MATERIAL	CANT.	UND	COSTO UNITARIO S/.	COSTO PARCIAL S/.
Controlador de temperatura digital MT-512E 2HP (Full Gauge)	1	unid	90.00	90.00
Termómetro digital de temperatura	1	unid	25.00	25.00
Interruptor sw rocker con neon 3 P ON OFF 16 amp. 250 VAC	2	unid	2.00	4.00
Termohigrómetro DT - 2 Elitech	1	unid	85.00	85.00
fuelle de alimentación de 12 voltios y 5 amperios	1	unid	25.00	25.00
Interruptor horario programable marca stronger 220 - 250 VAC y 16 amp	1	unid	65.00	65.00

Interruptor termomagnético 2x6 amp (LS)	1	unid	40.00	40.00
Lampara incandescente de 60 w	2	unid	2.00	4.00
Ventilador eléctrico de 12 VDC	2	unid	20.00	40.00
Portalámparas de porcelana	2	unid	4.50	9.00
Cable vulcanizado 2 x 16 AWG (INDECO) en metros.	3	m	4.50	13.50
Canaleta de PVC con cinta adhesiva 15 x 10	1	unid	3.00	3.00
Cable GPT # 16 AWG, en metros.	8	m	1.50	12.00
Cajón de frigobar	1	unid	50.00	50.00
Motor pequeño de 220 voltios	1	unid	20.00	20.00
Estoboles de 3/16 x 1 1/2	12	unid	1.00	12.00
Riel DIN	1	cm	5.00	5.00
Tornillos para metal de 3/16 x 1/2 "	12	unid	1.00	12.00
Bandejas plásticas	3	unid	10	30.00
COSTO TOTAL				544.50

Costo de Montaje: aquí consideramos el tiempo, conocimiento, esfuerzo y ayuda necesarios para combinar las diferentes piezas y armar la totalidad del prototipo.

Tabla N°7

Costos de montaje de prototipo

DESCRIPCIÓN	CANT.	UND.	COSTO UNITARIO S/.	COSTO PARCIAL S/.
electricista	12	h	15.00	180.00
ayudante de montaje	12	h	10.00	120.00
COSTO TOTAL				300.00

Costo total de fabricación: consta los todos los materiales necesarios para la elaboración del prototipo más el costo del montaje.

Tabla N°8

Costo total de fabricación

COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN	CANT.	COSTO UNITARIO S/.	COSTO PARCIAL S/.
costo de materiales	1	544.50	544.50
costo de montaje	1	300.00	300.00
COSTO TOTAL			844.50

Costo de Pruebas: una vez fabricado el prototipo, necesitaos los insumos (huevos fértiles), y la materia prima para llevar a cabo las pruebas necesarias

Tabla N° 9

Presupuesto para las pruebas de incubación

DESCRIPCION	CANT.	COSTO UNITARIO S/.	COSTO PARCIAL S/.
costo de huevos fértiles /prueba	4	70.00	280.00
consumo de energía	4	40.00	160.00
consumo de agua	4	5.00	20.00
COSTO TOTAL			460.00

3.1.6 Resultados estadísticos de las pruebas

Para los resultados del porcentaje de producción, se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de producción de aves: } \frac{\frac{N^{\circ} \text{ de nacimientos}}{N^{\circ} \text{ de huevos incubados}}}{\frac{N^{\circ} \text{ de huevos fértiles}}{N^{\circ} \text{ de huevos incubados}}} \times 100$$

3.1.7.1. resultados de cada prueba realizada:

Tabla N°10

Resultados de incubación con temperatura de 38°C y humedad relativa de 50%

N°	Huevos totales	No fértiles	fértiles	Nacimientos	Productividad %
1	24	2	22	15	68.18
2	24	4	20	14	70
3	24	3	21	15	71.42
TOTAL	72	9	63	44	69.84

Prueba N°1: Se realizó con una temperatura de 38°C y una humedad de 50%, obteniendo un porcentaje de productividad de 69.84%, donde se incubaron un total de 72 huevos de los cuales 9 fueron no fértiles y 63 fértiles, con una eclosión de 44 en total. (Tabla 10).

Tabla N°11

Resultados de incubación con temperatura de 38°C y humedad relativa de 70%

N°	Huevos totales	No fértiles	fértiles	Nacimientos	Productividad %
1	24	2	22	15	68.18
2	24	3	21	14	66.66
3	24	3	20	14	70
TOTAL	72	8	63	43	68.25

Prueba N°2: Se realizó con una temperatura de 38°C y una humedad de 70%, obteniendo un porcentaje de productividad de 68.25%, donde se incubaron un total de 72 huevos de los cuales 8 fueron no fértiles, 63 fértiles y un total de 43 nacimientos (Tabla 11).

Tabla N°12

Resultados de incubación con temperatura de 38.5°C y humedad relativa de 50%

N°	Huevos totales	No fértiles	fértiles	Nacimientos	Productividad %
1	24	3	21	19	90.47
2	24	1	23	20	86.95
3	24	4	20	18	90
TOTAL	72	8	64	57	89.06

Prueba N°3: Se realizó con una temperatura de 38.5°C y una humedad relativa de 50%, obteniendo el mayor porcentaje de productividad con un 89.06%, donde se incubaron un total de 72 huevos de los cuales 8 fueron no fértiles, 64 fértiles, con una eclosión de 57 pollitos en total. (Tabla 12).

Tabla N° 13

Resultados de incubación con temperatura de 38.5°C y humedad relativa de 70%

N.º	Huevos totales	No fértiles	Fértiles	Nacimientos	Productividad %
1	24	4	20	14	70
2	24	1	23	16	69.56
3	24	3	21	14	66.66
TOTAL	72	8	64	44	68.75

Prueba N°4: Se realizó con una temperatura de 38.5°C y una humedad de 70%, obteniendo un porcentaje de productividad de 68.75%, donde se incubaron un total de 72 huevos de los cuales 8 fueron no fértiles y 64 fértiles, con una eclosión de 44 en total. (Tabla 13).

3.1.7.2. Análisis de resultados:

Tabla N°14

Resumen de datos

VARIABLES INDEPENDIENTES			VARIABLE DEPENDIENTE			
			Productividad de nacimientos			
Temperatura	Humedad relativa	combinación de tratamientos	Repeticiones			Promedio
			1	2	3	
38°	50%	38°/50%	68	70	71	70
	70%	38°/70%	68	67	70	68
38.5°	50%	38.5°/50%	91	87	90	89
	70%	38.5°/70%	65	68	67	69

Fuente: Adaptado de Navarro Macedo.2018

1 **Regresión factorial: Productividad vs Temperatura, Humedad.**

Tabla N°15

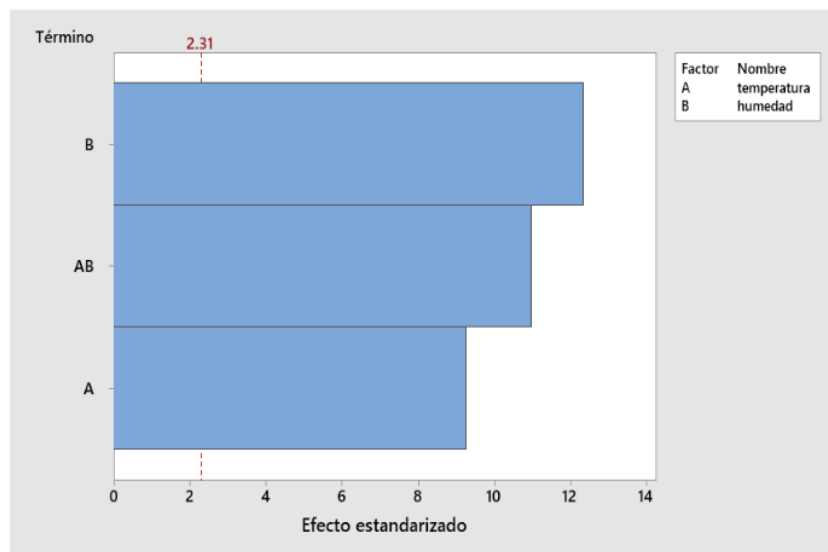
Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	1016.33	338.778	119.57	0.000
Lineal	2	675.00	337.500	119.12	0.000
temperatura	1	243.00	243.000	85.76	0.000
humedad	1	432.00	432.000	152.47	0.000
Interacciones de 2 términos	1	341.33	341.333	120.47	0.000
temperatura*humedad	1	341.33	341.333	120.47	0.000
Error	8	22.67	2.833		
Total	11	1039.00			

En la tabla anterior trabajamos con un α predeterminado de 0.05, y podemos observar que los valores de p son menores a 0.005, por tanto, según este análisis de varianza para el estudio experimental podemos afirmar que tanto la temperatura, humedad y la interacción entre los dos son significativos.

Figura N°23

Diagrama de barras para efectos estandarizados



En el análisis del diagrama de barras podemos ver que los efectos sobrepasan la línea crítica, dándonos a entender de la misma forma anterior que tanto el factor humedad como temperatura son significativos.

Tabla N°16**Análisis de predicciones**

T°	HR	PREDICCIÓN DE PRODUCTIVIDAD	IP de 95%	IC de 95%
38	50	69.7	(65.1846; 74.1487)	(67.4256; 71.9077)
38	55	69.3	(65.0665; 73.6001)	(67.5616; 71.1050)
38.3	50	81.5	(77.2621; 85.6712)	(79.8506; 83.0827)
38.3	60	74.4	(70.3537; 78.4463)	(73.2573; 75.5427)
38.5	50	89.3	(84.8513; 93.8154)	(87.0923; 91.5744)
38.5	55	83.7	(79.3999; 87.9335)	(81.8950; 85.4384)
38	65	68.7	(64.3999; 72.9335)	(66.8950; 70.4384)
38.5	65	72.3	(68.0665; 76.6001)	(70.5616; 74.1050)
38	70	68.3	(63.8513; 72.8154)	(66.0923; 70.5744)
38.5	70	66.7	(62.1846; 71.1487)	(64.4256; 68.9077)

Según la tabla anterior podemos observar que las temperaturas óptimas para un adecuado desarrollo embrionario de pollitos esta entre los intervalos de 38.3°C y 38.5°C, asociado a humedad entre 50% y 55%. Por otro lado, el nivel más bajo de predicción de baja producción lo podemos observar con la humedad de 70%.

IV. DISCUSIÓN

Este estudio proporcionó un aporte para ¹³ la producción casera de aves de corral, de fácil diseño, de bajo costo y con buenos resultados, según nuestras pruebas siendo los medios: ¹ temperatura de 38.5°C y humedad relativa de 50 % los más idóneos para un mayor número de eclosiones de huevos 89 % en promedio. Así mismo, cabe resaltar que el mayor porcentaje de pérdidas se dio con la combinación entre la temperatura baja 38°C y humedad elevada 70%. Con estos resultados aludimos que hemos creado una incubadora de fácil manejo semiautomática con un nivel de funcionalidad y alta precisión lo que nos ha permitido altas tasas de nacimientos de pollitos.

En cuanto al diseño y factores involucrados:

Mukhtar y col., en el año 2023, uso un microcontrolador con sensor de datos programado y acompañado de un mecanismo giratorio que hizo que la incubadora se automatizara y mejorar el control de los factores de incubación, lo que a su vez mejoró las tasas de producción. Esto semeja el trabajo que hemos realizado confirmando que el uso del microcontrolador y el sistema de volteo son de gran importancia para la automatización de la incubadora, logrando también una buena incubabilidad.

Además, Atharva Chaskar y col. (2022), usó la electricidad como calentador para mantener el huevo a una temperatura agradable y el nivel de humedad se puede cambiar usando agua y ajustando el ventilador. Esto se asemeja a nuestro trabajo y concuerda con nuestros hallazgos, porque independientemente del entorno, se puede eclosionar una gran cantidad de huevos a la vez teniendo en cuenta la temperatura y humedad adecuados y llevar el proyecto a un nivel de escala comercial. Concuerda también con Espinoza que, en Chachapoyas en el año 2019, construyó y evaluó el funcionamiento de una incubadora tomando en cuenta estos factores de temperatura, humedad y ventilación comprobando así el buen funcionamiento de una incubadora.

Erazo E, en el año 2016, también pudo comprobar que una incubación artificial mantiene una gran eficiencia de producción, ahorrando costos en espacio y cuidados extras que requiere una incubación natural, efectuaron varias simulaciones igual que nosotros en diferentes circunstancias de temperatura y humedad logrando determinar el más apropiado.

Nuestro proyecto concuerda también con Ehsan Alawad y col en el año 2021, quien también automatizó su incubadora utilizando el programa proteus y el ide Arduino, lo cual de manera automática muestran los ¹⁵ valores de temperatura y humedad dentro de la cámara de la incubadora y muestra una alerta en caso de que las temperaturas varíen de rangos, esto al igual que el nuestro mejoró la automatización de la incubación, para tener un control más exacto de los factores que involucran la incubación, haciendo que sea de fácil manejo, y más productivo.

Idoko E y col. en el año 2019, toma en cuenta como factor más importante para la incubación a la temperatura y la automatiza a través de un microcontrolador, que mantiene la temperatura estable a través del encendido y apagado del ventilador, donde este se mantiene encendido cuando la temperatura excede el umbral de temperatura estándar y se apaga para que el calentador se encienda cuando la temperatura es más baja. Esto demuestra que el diseño y la implementación de estos factores automáticos fueron funcionales porque la temperatura de los huevos se mantiene constante a diferencia del método natural lo que concuerda con nuestro trabajo por la automatización, pero varía la forma del manejo de los factores involucrados, ya que en nuestro trabajo usamos a la bombilla para manejar los cambios de temperaturas en el interior.

Nuestro trabajo también concuerda con Maaño y col. (2019), Cruz G y col (2018) y Tumipamba G. (2017), quienes a través del diseño y elaboración de una incubadora automática con la incorporación de mecanismos de alertas y ⁴ supervisión de parámetros en el interior de la incubadora obtuvieron óptimos parámetros de temperatura y humedad durante todo el proceso de incubación, sin detenerse ante cualquier fallo de energía o humano; lo cual semeja nuestro trabajo mejorando el proceso de incubación y a bajo costo.

Al referirnos a productividad tenemos que:

Estos resultados coinciden con los encontrados Alam Soeb M. J y col., (2021), quienes desarrollaron un prototipo de incubadora de bajo costo donde pudo evaluar la efectividad de las incubaciones siendo más efectiva la incubación con procesos automáticos llegando a obtener una productividad de 87.1% frente a la manual de 79.3%. lo que queda muy cercana a nuestra tasa de productividad de 89%. Además, el investigador adecua la temperatura y la humedad más adecuadas para sus mejores tasas de incubación siendo estas de 37,6°C a 38.5°C y humedad de 55 y 65%, lo cual se correlaciona con nuestros hallazgos.

Así mismo, Mariani et al. en el año 2021, realiza una modificación al diseño de una incubadora haciéndola automática a través de la incorporación de un microcontrolador para automatizarla y controlar mejor los factores de temperatura y humedad en el ambiente de la incubación, logrando con eso unas mejores tasas de eclosión de huevos con un promedio de 86.5%, lo que semeja a nuestras tasas de productividad con nuestro sistema automatizado. Este hallazgo concuerda también con Rosa et al. en la ciudad de México en el año 2021, quien obtiene una tasa entre 80 y 95% de productividad.

Según rivera en el 2019, con el rediseño y automatización de la incubadora que realizó, mejoro el proceso de incubación a un 80%, esto porque se mejoró los parámetros de humedad y temperatura, con el 60% de humedad la temperatura oscila entre 37.7°C \pm 0.1°C y con el 70% de humedad las temperaturas bajan a 36.8°C \pm 0.2°C. Esto no concuerda con nuestros resultados porque solo llega al 80% y existe mucha variabilidad de temperatura y humedad en sus pruebas, posiblemente por los climas extremos en la localidad que menciona el autor de 14°C a 25°C.

Castellanos, S. en el año 2022, también construyó ²⁹ de un prototipo de incubadora de huevos de ave de corral tomando como como parámetros de temperatura entre 37°C y 38°C y humedad de 45% a 50% durante los primeros 18 días, tras lo cual disminuyó la temperatura de 36°C a 37°C y aumento la humedad entre 65% a 70%, logrando una eficiencia de incubabilidad del 57.68%, por debajo de las expectativas a comparación de nuestros parámetros usados que superan estos valores. Sin embargo, este autor coincide con nuestro estudio al señalar a través de su estudio comparativo que aun así la incubación artificial supera los índices de eficiencia de la natural, mejorando la productividad.

Como podemos observar nuestra incubadora ha obtenido tasas de éxito en la incubación de huevos de gallina, lo cual nos permite asegurar que esto podría contribuir a mejorar la productividad del pequeño empresario o avicultor

Esta incubadora ha demostrado a través de las pruebas ser un prototipo de alta eficacia debido a la capacidad de mantener ¹⁷ la temperatura y humedad estables en el interior por el sistema automatizado que se le ha incluido. Obteniendo además elevados porcentajes de productividad con una temperatura de 38.5°C y humedad de 50%, siendo ambas variables y la interacción de estas altamente significativas para el proceso de la incubación. Por tanto, las pruebas realizadas han demostrado ser de mucha utilidad para precisar las temperaturas y humedad más idóneas para nuestro prototipo en la incubación y lograr el resultado más óptimo.

Las fortalezas en esta investigación son que a través de las pruebas hemos podido evidenciar los resultados y comprobar la eficacia de nuestro prototipo. Se ha podido cumplir con la meta, los elementos y componentes para la fabricación de nuestro prototipo han sido de fácil acceso y adquisición. Además, se cuenta con los conocimientos necesarios adquirido en la universidad con los cuales se ha podido armar este sistema de automatización.

La más grande limitación para nuestro proyecto fue el tiempo debido a que por ser un proyecto experimental abarca mucho tiempo para cada una de las pruebas. Además, fue difícil la adquisición de los huevos fértiles, ya que se debió adquirir de un lugar seguro y que garantice que sean efectivamente fértiles y de poca conservación para no alterar nuestro proceso de experiencia.

Este diseño propuesto debería implementarse como un prototipo casero ya que es de bajo costo y ayuda a los avicultores a la mejora de su producción. El proceso de incubación será más óptimo debido a que este prototipo de bajo costo con elementos reciclables y accesibles, con humedad y temperatura reguladas y estandarizadas nos garantiza una adecuada producción de aves de corral.

V. CONCLUSIONES

Se realizó la construcción de la incubadora semi ¹⁷ automática de huevos de aves de corral con capacidad de 72 huevos, con calidad satisfactoria de acuerdo a las necesidades del cliente y manteniendo la calidad de producción igual a las incubadoras comerciales usando circuitos de control y materiales apropiados de bajo costo para obtener parámetro de interés para un correcto desarrollo embrionario hacia el nacimiento del ave.

De acuerdo a la prueba realizada con los parámetros de temperatura de 38°C y HR 50% se obtuvo como resultado un 69.8 % de nacimientos el cual indica que es una producción aceptable.

En la segunda prueba usando los valores de T° de 38 °C y HR 70% se obtuvo como resultado un 68.3 % de nacimientos el cual indica que dicho parámetro es menos apropiado para incubación.

En la tercera prueba usando los valores de T° de 38.5 °C y HR 50% se obtuvo como resultado un 89 % de nacimientos el cual indica que dicho parámetro es el más apropiado para incubación.

En la cuarta prueba usando valores de T° de 38.5 °C y HR 70 % se obtuvo como resultado un 68.8 % de nacidos el cual indica que dicho parámetro es menos apropiado para incubación.

VI. RECOMENDACIONES

- En el proceso de incubación lo más recomendable es hacer una buena selección de huevos fértiles, se debe observar la forma física del huevo que no sea muy grande, ni tampoco muy pequeño, también se tiene que tener en cuenta el tiempo del huevo después de haber salido de la gallina y por último que este en buenas condiciones tanto limpio como en perfecto estado.
- También se debe tener un plan de contingencia ya que en un momento menos inesperado podría ver un corte de energía eléctrica el cual podría ocasionar pérdidas inesperadas para ello se debe emplear generador eléctrico.
- Otro punto importante es que debemos criar nuestros propios reproductores para así, tener una buena calidad y fertilidad de los huevos, porque si llegamos a conseguir huevos fértiles de otros criaderos o avicultores no se sabe con certeza si es fértil o el tiempo de conservación tiene el huevo; por tanto, teniendo nuestras propias aves tendríamos una mejor confiabilidad.

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alam Soeb M. J., Al Mamun M. R., Shammi S., Uddin M y Ahmed Eimon M. (2021). Diseño y fabricación de incubadora de bajo costo para evaluar el rendimiento de eclosión del huevo. Blangadesh: Revista Europea de Investigación en Ingeniería y Tecnología, 6 (7), 92-99.
2. Amaro Castro G. (2016). ¿Cuál es el flujo máximo de líquido por una vía periférica? Recuperado el 12 de febrero del 2023 de <http://nightingaleandco.es/>
3. Archer, G. S., Jeffrey, D. and Tucker Z. (2017). Effect of the combination of white and red LED lighting during incubation on layer, broiler, and Pekin duck hatchability. *Bijing: Poult. Sci.* 96(1): 2670–2675.
4. Área de tecnología: Resistencia térmica. (2023). Recuperado el 13 de enero de 2023 de <https://areatecnologia.com/materiales/resistencia-termica.html>.
5. Arnold, J. N., Catton . I. y Edwards, D. K. (2023) “Experimental Investigation of Natural Convection in Inclined Rectangular Region of Differing Aspects Ratios”, Publicación de la ASME Núm. 75-HT-62, 1975.
6. Atharva Chaskar, Abhishek Barkul, Pratiksha Lonkar, Mohini Pasare y Pawankumar Sonawne. Semi-Automatic Egg Incubator. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)* Volume 2, Issue 5, May 2022
7. Boast, M. F. (2023). *Newnes Refrigeration Pocket Book. Refrigerator Background.* 1(1): 1-3.
8. Castellanos, S. (2022). Diseño y construcción de un prototipo de incubadora de huevos de ave de corral como proyecto de investigación en la extensión de tecnocademia nodo tolima. *revista modum*, 3. Vol. 3 (2021).
9. Castilla Gomez, E., Mendoza Galicia, J. (2014). Diseño y construcción de un prototipo de incubadora avícola basada en el análisis fenomenológico del equip. Mexico.: Universidad Nacional Autónoma de México.
10. Cengel, Y. A. (2016). *Transferencia de calor y masa.* 3ra. Edición. México. McGRAW-HILL/interamericana editores, S.A. DE C.V. Recuperado 13 de enero de

2023 de <https://blogs.ugto.mx/rea/wp-content/uploads/sites/71/2022/01/Conveccion-natural-paginas-503-a-544.pdf>.

11. Cross Nigel. (2021) Engineering Design Methods. Strategies for Design Products. John Wiley&Sons. 1(5). 224 p.
12. Cruz Gutierrez, C. R., Vargas Marquez, V. A. (2018). Diseño de un prototipo de incubación artificial con sistema de control difuso para la producción de aves de codorniz. Lima, Perú: Universidad san Martin de Porres, 108-109.
13. Cruz Fierro C. F. (2023). Recuperado el 13 de enero 2013 de <https://cruzfierro.com/formularios/resistencias-termicas.pdf>
14. Dassault Systemes: Coeficiente de transferencia de calor por convección (2023) Recuperado 13 de enero de 2023. https://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/AnalysisBackground/ThermalAnalysis/Convection_Topics/Convection_Heat_Coefficient.htm
15. Ehsan Alawad, Eiman Omer, Abdelrahim. (2021). Design and Implementation Automated Egg Incubator. FES Journal of Engineering Sciences, 10(1), 52-60. <https://doi.org/10.52981/fjes.v10i1.714>
16. Erazo Erazo, B. A. (2016). Diseño y simulación de una incubadora de huevos para una procesadora de pollos en el Tena. Quito: Universidad Politecnica Salesiana, 89-92.
17. Espinoza Canaza, F. I. (2019). Construction and evaluation of the operation of a prototype incubator for multiple uses, Chachapoyas, 2018. Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería 2(1): 26-32,2019.
18. Finger S.; Dixon, J. (1989) A Review of Research in Mechanical Engineering Design. Part II: Representations, Analysis, and Design for the Life Cycle. Res Eng Des. Vol 1. 121-137.
19. Flowers P., Theopold K., Langley R. (2023). La presión, el volumen, la cantidad y la temperatura relacionados: la ley del gas ideal. University of North Carolina –

- Pembroke. Recuperado el 10 de enero de <http://cnx.org/contents/85abf193-2bd...a7ac8df6@9.110>
20. GEITEC. (2019). Congreso Internacional de la Gestión de la Ciencia, Tecnología, la Ingeniería, y la Innovación - GEITEC 2019. Lima: Asociación Peruana de Incubadoras de Empresas.
 21. Gomez Arias D. (2018). Sistema de mecanizado portátil para armarios eléctricos. Universidad de Oviedo.
 22. Gonzales Morales, J. (2017). Diseño e implementación de un control de temperatura y humedad para un prototipo de incubadora artificial de pollos. Cali: Pontificia Universidad javeriana cali, 1-8.
 23. González Vargas, N. D. (2020). Copor o poliuretano: demostración y comparación del mejor material como aislante térmico para las construcciones en diversas construcciones en diferentes locaciones de Colombia.1-6.
 24. Gremory R. (2023). Psicometría: Humedad Relativa. Recuperado el 12 enero 2023 en https://www.academia.edu/8555474/Psicometr%C3%ADa_HUMEDAD_RELATIVA
 25. Idoko E., Ogbah O., Ikule T. (2019). Design and implementation of automatic fixed factors egg incubator. Nigeria: International journal for innovative research in multidisciplinary field,5(1): 1-8.
 26. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). Medio ambiente. Condiciones y calidad ambiental. Condiciones físicas. 1-11
 27. Illescas C. A., Gonzales C. F., Martinez A. P. (2022) Orphometric characterization and reproductive potential of Mexican Creole chicken's eggs (*Gallus gallus domesticus*) intended for artificial incubation. México. 25 (1):1-9
 28. Maaño R.C., Chávez E. P. y Maaño R. A (2019). Hacia el desarrollo de una energía fotovoltaica inteligente. Incubadora de huevos de aves de corral con control de temperatura. Filipinas: International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology 19(3):1-5.

29. Mariani, M. J., Wacas, R.U, Padre, R. J., Soriano, G. T. y Elveña VB, Sarne, J. C. (2021). Design modification of a cost-efficient microcontroller-based egg incubator. Filipinas: Indian Journal of Science and Technology 14(14): 1160-1167.
30. Martin Domingo A. (2015). Apuntes de los temas de termodinámica. Creative Commons. España. 3ed. 1-157.
31. Mukhtar I. B., Alhassan B., Abdu I. A., Abdulkadir S.B., & M. A. Baballe. (2023). Construction of the Artificial Egg Incubator. Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences, 3(4), 40–44. Recuperado el 10 octubre 2023 en <https://doi.org/10.5281/zenodo.8284716>
32. Navarro Macedo J. (2018). Implementación de una incubadora de huevos de aves para la mejora de la productividad en Tarapoto, 2018. Universidad Cesar Vallejo. Tarapoto, 1-117.
33. Nilipour, A. (2006). La influencia de la alimentación de las reproductoras. EUA: Industria Avicola,1-53.
34. Quintana, J. A. (2011). Avitecnia. Manejo de las aves domésticas más comunes. México: Trillas, 50-405.
35. Quiroz, C., Mostacero-Leon, J. (2020). Influencia de la presión atmosférica y temperatura ambiental en el subsuelo de la microcuenca San Ildefonso Trujillo, Perú. Manglar. 17. 47-53. 10.17268/manglar.2020.008.
36. Ramos Terrones O. (2017). Efectos del tiempo de almacenaje del huevo fértil de reproductoras cobb 500 sobre la incubabilidad en el distrito de huanchaco, Provincia de Trujillo. Cajamarca: Universidad nacional de Cajamarca. 1-47.
37. Renedo Estébanez C. J. (2017). Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética de la Universidad de Cantabria. 1-17
38. Rivera Berrú, N. (2019). Rediseño y automatización de una incubadora de huevos para producción de carne, destinada a la unidad educativa “Oriente Ecuatoriano” – Cantón palanda, provincia de Zamora Chinchipe. Loja. Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 5-122.

39. Rodríguez A., (2020). Guía de tipos de ventiladores de PC. Opirata blog. Octubre 2020.
40. Rosa G. A., Peláez E. U., Aniano H. A., Ramírez A. J., Gasga P L., Medina O. M., Cisneros A. L., Uriel M. C. (2021). Incubadora Avícola Sustentable, Automática. México: Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Pinotepa. Innovación y desarrollo tecnologico revista digital.
41. Sarao Calderón R. (2013) Desarrollo y caracterización de material compuesto matriz yeso para incubadora de huevos de ave de corral energéticamente sustentable para zonas marginadas del estado de campeche. Universidad Tecnológica de Campeche. P 1- 23.
42. Stan Reid. (2013). Guía de Manejo de la Incubadora. Arkansas, EE. UU.: Cobb-Vantress, 93-106.
43. Torre L. A. (2023). Eficiencia energética. ¿Qué es la conductividad térmica? Santander. Laredo. p.3
44. Tumipamba Guanopatin, D. R. (2017). Diseño e implementación de una incubadora automática de huevos para la Unidad Productiva Agropecuaria Majavi. Sangolqui: Unversidad de las Fuerzas Armadas, 40-218.
45. VDI 2225-4 (1997). Standard: Design Engineering Methodics – Engineering Design at optimum cost – Dimensioning.
46. Woldehana Uro T. (2019). Implementation of poultry production activities: A review. University of gondar, Faculty of Veterinary Medicine: International Journal of Advanced Research in Biological Sciences, 6 (12): 19-34.

ANEXOS

Anexo 01

Presión de vapor de agua

Tabla 1. Presión de vapor del agua líquida entre 0 °C y 374 °C

T/°C	P/mmHg	P/hPa	T/°C	P/mmHg	P/hPa	T/°C	P/mmHg	P/hPa
0	4.58447	6.11213	47	79.709	106.27	95	634.61	846.08
0.01	4.58780	6.11657	48	83.839757	111.77719	96	658.32811	877.69863
1	4.9286	6.5709	49	88.147	117.52	97	682.78	910.30
2	5.29523	7.05873	50	92.652794	123.52690	98	707.97858	943.89378
3	5.6891	7.5808	51	97.343	129.78	99	733.95	978.52
4	6.10192	8.13522	52	102.24846	136.32007	99.97436	760.00000	1013.25000
5	6.5449	8.7258	53	107.35	143.12	100	760.69583	1014.17770
6	7.01547	9.35316	54	112.68263	150.23115	101	787.57	1050.0
7	7.5164	10.021	55	118.23	157.62	102	815.86	1087.7
8	8.047742	10.72944	56	124.01403	165.33844	103	845.12	1126.7
9	8.6130	11.483	57	130.03	173.36	104	875.06	1166.7
10	9.211800	12.28139	58	136.30436	181.72420	105	906.07	1208.0
11	9.8483	13.130	59	142.82	190.41	106	937.92	1250.5
12	10.52173	14.02782	60	149.61837	199.47476	107	970.60	1294.0
13	11.237	14.981	61	156.67	208.88	108	1004.42	1339.12
14	11.99284	15.98914	62	164.02397	218.68064	109	1038.92	1385.11
15	12.795	17.058	63	171.65	228.85	110	1074.56	1432.63
16	13.64172	18.18747	64	179.59222	239.43660	111	1111.20	1481.48
17	14.539	19.384	65	187.83	250.42	112	1148.74	1531.53
18	15.48630	20.64670	66	196.37965	261.84180	113	1187.42	1583.10
19	16.489	21.983	67	205.28	273.68	114	1227.25	1636.20
20	17.54591	23.39262	68	214.51753	285.99985	115	1267.98	1690.50
21	18.663	24.882	69	224.09	298.78	120	1489.14	1985.36
22	19.84140	26.45302	70	234.03345	312.01894	125	1740.93	2321.05
23	21.085	28.111	71	244.33	325.75	130	2026.10	2701.24
24	22.39517	29.85777	72	255.02991	340.01191	135	2347.26	3129.42
25	23.778	31.699	73	266.11	354.78	140	2710.92	3614.26
26	25.23127	33.63893	74	277.59509	370.09635	145	3118.76	4155.34
27	26.763	35.681	75	289.49	385.95	150	3570.48	4760.25
28	28.37551	37.83090	76	301.82085	402.39470	175	6694.08	8924.71
29	30.071	40.092	77	314.58	419.41	200	11 659.16	15 544.27
30	31.85546	42.47046	78	327.80268	437.03430	225	19 123.12	25 495.40
31	33.730	44.969	79	341.48	455.27	250	29 817.84	39 753.85
32	35.70084	47.59694	80	355.63988	474.14751	275	44 580.84	59 436.23
33	37.769	50.354	81	370.28	493.67	300	64 432.8	85 903.3
34	39.942	53.25230	82	385.43552	513.87177	325	90 447.6	120 587
35	42.221	56.290	83	401.10	534.76	350	124 001.6	165 321.9
36	44.61458	59.48122	84	417.29658	556.34969	380	139 893.2	188 508.9
37	47.121	62.823	85	434.04	578.67	385	148 519.2	198 009.3
38	49.75255	66.33128	86	451.33394	601.72910	388	150 320.4	200 410.7
39	52.506	70.002	87	469.21	625.56	367	152 129.2	202 822.3
40	55.39430	73.85299	88	487.66248	650.16317	368	153 980.8	205 264.2

Anexo 02

Características del modelo del ventilador

Descripción

Electrónica AVC
 Modelo: F9025S12L
 Plomo: Conector de placa base de 3 pines
 Tamaño: 92*92*25,4
 Voltaje: cc 12V
 Corriente: 0,15a
 Potencia: 1,8 W
 Velocidad: 2100 RPM
 Flujo de aire: 33,22 CFM
 Presión: 1,72 mmH2O
 Ruido: 26,4 d-ba
 Tipo de rodamiento: rodamiento de manga

Anexo 03

Características del modelo del interruptor digital alion ahc15a 100-250v

Timer ALION, interruptor Digital programable AHC15A

- 1 canal
- Programa diario y semanal
- 20 programa de encendido / apagado
- 20 programas de pulso (1s ~ 59m59s)
- Programa de cuenta regresiva (1s ~ 59m59s)
- Conversión de formato de 12/24 horas
- Tiempos de conmutación calculados
- Contador de horas de funcionamiento integrado
- Tiempo de autocorrección (-30 seg \leq Δ t \leq 30 seg)
- Fecha y hora preestablecidas
- Encendido / apagado permanente
- Contador de horas de funcionamiento integrado
- Batería de litio incorporada, memoria de falla

Anexo 04

Características del motor síncrono permanente pequeño

Descripción del artículo:

Motor síncrono del motor permanente

Parámetro

Modelo: TYD49

Diámetro: 1.929 in.

Altura total: 1.496 in.

Diámetro del eje: 0.276 in.

Longitud del eje: 0.630 in (sin incluir los pasos).

AC220V 50/60HZ 4W 5RPM.

Rango: motor síncrono de 5RPM de ventilador eléctrico.

Especificación del artículo:

Voltaje CA: 208-230/240 V.

Eficiencia: IE 1

Anexo 05

9

Valores típicos para el coeficiente de transferencia de calor por convección

Medio	Coeficiente de transferencia de calor h ($W/m^2 \cdot K$)
Aire (convección natural)	5-25
Aire/vapor supercalentado (convección forzada)	20-300
Petróleo (convección forzada)	60-1800
Agua (convección forzada)	300-6000
Agua (en ebullición)	3000-60.000
Vapor (en condensación)	6000-120.000

FOTOS

Foto 01

Frigobar reciclable cuyo material permite ser reutilizado para la elaboración de un proyecto de incubadora semi automática casera.



Foto 02

Colocación de un vidrio transparente para así poder visualizar parte interna.



Foto 03

Desmontado de carcasa interna de la puerta para hacer corte de acuerdo a la medida deseada.



Foto 04

Montaje de caja para circuito eléctrico y siliconado al vidrio.

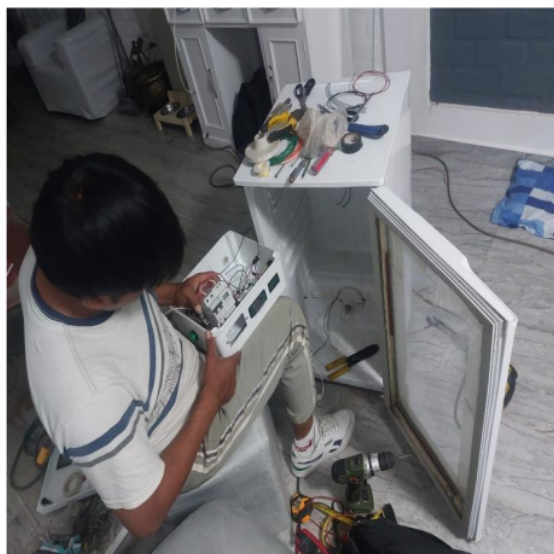


Foto 05

Montaje de bandeja de huevos.



Foto 06

Día 21 eclosión de los huevos fértiles.



Foto 07

Pollito a punto de salir de su cascaron.



Foto 08

Pollito fuera del cascaron.



Foto 09

Nacimientos de pollitos



INFORME DE TESIS - MARTINEZ CARRION CESAR

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	1%
4	www.zaragoza.unam.mx Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	dokumen.tips Fuente de Internet	<1%
8	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	archive.org Fuente de Internet	<1%

10	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
11	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
12	revistas.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	avicultura.com Fuente de Internet	<1 %
14	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
15	www.cacic2016.unsl.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
16	html.rincondelvago.com Fuente de Internet	<1 %
17	www.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
19	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

22	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
25	baixardoc.com Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	revistas.sena.edu.co Fuente de Internet	<1 %
30	Ricardo Andres Bocanegra Vinasco. "Evaluation of the risk due to fluvial flooding in vehicles and road infrastructures at basin scale", Universitat Politecnica de Valencia, 2020 Publicación	<1 %
31	Submitted to Universidad Nacional de Educación a Distancia Trabajo del estudiante	<1 %

32 core.ac.uk Fuente de Internet <1 %

33 repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet <1 %

34 docplayer.es Fuente de Internet <1 %

35 repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet <1 %

36 www.zoetecnocampo.com Fuente de Internet <1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 10 words