

Automatización de una incubadora de aves

Automation of a Poultry Hatchery

Luis Manuel **Valverde-Cedillo**¹
Geny Itzamar **Ochoa-Rodríguez**²
Cristian Vicente **Salazar-Hernández**³

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco, MÉXICO

¹ <https://orcid.org/0000-0003-1204-883X> | luis_vc@tesch.edu.mx

² <https://orcid.org/0000-0001-8928-883X> | geny_or@tesch.edu.mx

³ <https://orcid.org/0000-0003-1016-9005> | cristian_sh@tesch.edu.mx

Recibido 16-11-2022, aceptado 28-02-2023.

Resumen

El presente proyecto muestra la automatización de una incubadora de huevos desde cero, con múltiples sensores y dispositivos conectados a través de Arduino.

La monitorización se realiza mediante la instalación de los sensores de humedad y de temperatura, donde los actuadores conformados por un ventilador, dos focos que producen el calor y el humidificador se encargan de controlar la humedad del ambiente, y un servomotor que da la rotación de los huevos en determinado tiempo, donde todos los sensores están controlados por Arduino que conforman lo que es nuestro sistema de control.

Donde también se contemplan las mejores condiciones para la crianza de las aves (pollitos) de acuerdo con su desarrollo biológico, con una alimentación natural basada en una mezcla de semillas de soya, maíz, cebada, trigo, sorgo, mezclas con alfalfa, con una hidratación constante teniendo una natalidad del 99%.

Palabras clave: incubadora, monitorización, sensores, sistema de control.

Abstract

This project shows the automation of an egg incubator from scratch, with multiple sensors and devices connected through Arduino.

The monitoring is carried out by installing humidity and temperature sensors, where the actuators are made up of a fan, two sources that produce heat and the humidifier that is responsible for controlling the humidity of the environment, and a servomotor that rotates the eggs in a certain time, where all the sensors are controlled by arduino according to what is our control system.

Where the best conditions for raising birds (chicks) are also contemplated according to their biological development, with a natural diet based on a mixture of soybean seeds, corn, barley, wheat, sorghum, mixed with alfalfa, with a Constant hydration having a birth rate of 99%.

Index terms: incubator, monitoring, sensors, control system.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo se encuentra en los procesos industriales por la alta competitividad empresarial y la necesidad de aumentar los procesos de producción, en donde la automatización permite generar un incremento sustancial de la producción incorporando elementos y dispositivos tecnológicos para tener un control específico sobre los procesos y sus comportamientos.

El prototipo que se presenta es una incubadora automatizada de huevos de aves que a través de un sistema de control de lazo cerrado es utilizada por las personas que trabajan en el área de avícola en las zonas rurales del valle de México, cuya función es crear un ambiente controlado con la humedad, la temperatura adecuada para el crecimiento de seres vivos [1].

II. ANTECEDENTES

La avicultura es la rama de la ganadería que trata de la cría, explotación y reproducción de las aves domésticas con fines económicos, científicos o recreativos. Así pues, en su más amplio sentido la avicultura trata igualmente de cualquier especie de ave que se explote en las granjas para el provecho o utilidad del hombre. Desde sus inicios a mediados del siglo XX, uno de los objetivos más importantes que tiene la avicultura en México, es proveer a la población alimentos ricos en proteína de calidad.

Es conocida la importancia de la Industria Avícola en el consumo nacional, particularmente para los sectores sociales más pobres de la población, lo cual exige realizar un análisis de la estructura productiva y territorial de la actividad avícola, además de una retrospectiva de su expansión en el corto y mediano plazo con una visión alineada al propósito de reducción de la pobreza y desigualdad regional, así como avanzar hacia la autosuficiencia alimentaria. El reto conlleva a mantener una línea de crecimiento en la oferta interna de los alimentos derivados de la Industria Avícola, así como la interacción que significa la visión de autosuficiencia alimentaria con la producción interna de sus insumos, y el comportamiento de los precios al consumidor de estos productos [2].

La industria avícola nacional representa uno de los sectores estratégicos para la alimentación en México, al significar 28.5 por ciento de la producción nacional pecuaria, con un consumo per cápita anual de 34.2 kilogramos de pollo, 23 kilogramos de huevo y 1.3 kilogramos de pavo [3] (véase Fig. 1).

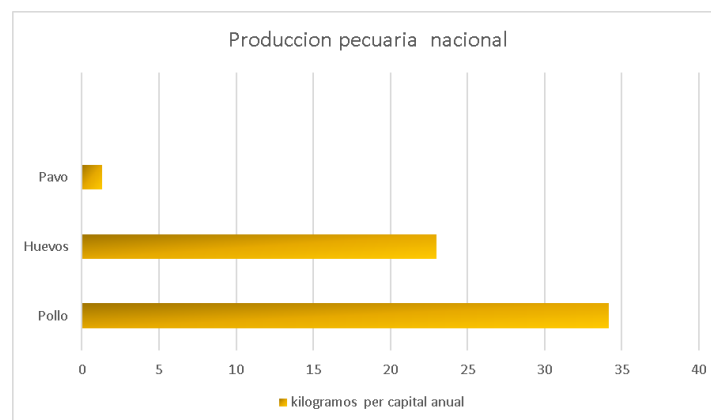


Fig. 1. producción nacional pecuaria, con un consumo de per cápita anual.

A. Ciclo de vida de un pollo

Todo comienza cuando la gallina pone sus huevos el cual comenzara a empollarlo (se sentará sobre ellos, en un nido de paja) para mantenerlos calientes durante 21 aproximadamente o hasta que los huevos se abran, véase Fig. 2). Los pollos comienzan a picotear la cascara del huevo hasta lograr abrirse paso y salir del cascaron [4].



Fig. 2. Gallina empollando sus huevos durante 21 días hasta su eclosión.

En las cuatro primeras semanas de vida los pollos necesitan tener una temperatura de 32° centígrados, después de las cuartas semanas, ya los pollos pueden regular su temperatura corporal bajaremos la temperatura a 25° centígrados. Durante las 24 semanas se mantendrán con la luz a baja intensidad, pero constante. La cría de pollos de engorde va desde la semana cero hasta la semana 23, durante esta etapa la alimentación, la hidratación y el medio ambiente, son los factores principales para un buen desarrollo del pollo, si se falla en alguno de estos aspectos seguramente tendremos una cría débil y enfermiza [4].

B. Viabilidad de un huevo

Un huevo fértil se caracteriza por un blastodermo que tiene una apariencia anular claramente definida (visto como un anillo blanco simétrico con un área clara en el centro). Si por cualquier razón el huevo es infértil, se ve un blastodisco con forma irregular y con volantes (véase Fig.3) [5].



Fig. 3. Huevo fértil con blastodermo ala izquierda, un huevo infértil con blastodisco a la derecha

Se debe hacer una selección de alta calidad de los huevos fértiles. Esto se verá reflejado en un buen desarrollo de los embriones de pollo. Para eso, deben descartarse los huevos que presenten estas características:

- Huevos con suciedad visible (heces).
- Huevos con la cáscara rota o con grietas.
- Huevos cuya cáscara presente porosidad (favorece la entrada de microorganismos).
- Huevos con apariencia externa deforme (alargados o con deformidades en su cáscara, blandos o arrugados) [6].

4

Dicho esto, es importante garantizar una manipulación y un almacenamiento correctos de los huevos fértiles, de modo que los embriones de buena calidad puedan permanecer en perfecto estado [5].

C. Incubación

Una incubadora es un equipo donde se depositan los huevos fértiles para completar su desarrollo hasta la eclosión donde nace un pollito. La incubación artificial de huevos fértiles es un proceso de corta duración, inicia en la granja el proceso en la planta inicia una vez los huevos ingresan y luego son seleccionados y clasificados; la clasificación se realiza por tamaño y calidad del cascaron, el siguiente paso es realizar la carga de las maquinas incubadoras las cuales se encargan de simular las condiciones ambientales en las que las gallinas incuban sus huevos naturalmente [6].

D. Parámetros de la incubación

Los parámetros para lograr una incubación adecuada y controlada fundamentalmente son: la temperatura, la humedad, la ventilación y volteo de los huevos

Temperatura: Es el factor más importante y delicado de toda la incubación. Se debe vigilar constantemente cualquier cambio en la temperatura pues su incremento o disminución tienen graves consecuencias. Los huevos en incubación son extremadamente sensibles a los cambios de temperatura. Además, este parámetro define la velocidad de desarrollo que se están incubando dentro de los huevos. De manera general se recomienda que esté entre 37 y 38°C, y disminuir esta durante los 3 últimos días de la incubación (día 18 a 21) [6].

Humedad: Los niveles óptimos de humedad oscilan entre el 40% y el 50%, mientras que en el último tramo del periodo de incubación, cuando el huevo ha agotado todas sus reservas de agua, se debe subir la humedad hasta el 65% para reblandecer las membranas y facilitar la eclosión del pollito. Durante la incubación, cada huevo debe perder peso, una pérdida de peso que debe ser continua y situarse entre el 15 y el 20%.

Ventilación: La ventilación del aire es un aspecto indispensable, sobre todo, cuando los embriones llegan a la última fase de su desarrollo. El aire que circula por el interior de la incubadora proporciona el calor y humedad necesarios para el desarrollo del huevo, por lo que para asegurar una circulación de aire eficiente se requiere mantener la incubadora ventilada y que el aire interior se renueve periódicamente.

Volteo de los huevos: Las gallinas, cuando están incubando en el nido, voltean y mueven sus huevos con bastante frecuencia. El volteo de los huevos es imprescindible, desde que los huevos se introducen en la incubadora hasta dos o tres días antes de que el pollito vaya a eclosionar, para que el desarrollo de los embriones se efectúe con total normalidad. Por tanto, durante la incubación artificial, este procedimiento debe imitarse haciendo uso de los dispositivos mecánicos de que dispone la incubadora. [7]

E. Estado del arte

En los últimos años se han desarrollado diferentes aportaciones sobre la implementación tecnológica de dispositivos u aplicaciones para ayudar en el desarrollo de la producción avícola conocidas como incubadoras de aves, sin embargo, durante su creación ha tenido varios factores de deficiencia, como el control de las variables (humedad, temperatura), aunado a esto los costos son bastantes elevados.

5

Dispositivo u prototipo	Características	Costo
Hethya Incubadoras de huevo	Posee una Fuente de alimentación dual. Giro automático de huevos. Monitoreo y control de humedad: Espacio ajustable para la bandeja de huevos: la distancia entre los rodillos se puede ajustar. La distancia entre los rodillos se puede ajustar de acuerdo con el tamaño de diferentes huevos de cría	\$4,252.26
Aut Pollo Codorni Guajolote Promoción 4499	*Resistencia, (es para generar calor). *Termostato automático DIGITAL, (espera controlar la temperatura interna). *Volteo automático, (es para que el embrión no pegue a la membrana del huevo y este no muera al nacer). *Bandeja de agua, (es para generar la humedad para la incubación del huevo). *Termómetro integrado en termostato digital (medición interna). *Nacedera, (es para cuando después de los últimos días de incubación se ponga el huevo y Nasca cómodamente el embrión). *Corriente de luz 110 volts luz de casa y consumo es de 120watts muy económica en gastos de luz. *Fabricada en mdf melaminado es muy limpio y muy fácil de limpiar.	\$7,900
Incubadora Automática	Sistema de control digitalizado. - Movimiento automático. - Control de temperatura Automático. - Temperatura programable por el usuario. - Equipada con alarmas de temperatura alta y baja con bloqueo automático. - Generación de humedad mediante bandeja de agua. - Ventilación interior con sistema de aire forzado a base de ventilador. - Interruptor de luz interna para mejorar la visibilidad.	\$6560 .40
Nacedera Avícola 300 Huevos, Pollo, Pato, Codorniz	- Sistema de control digitalizado. - Control de temperatura Automático. - Temperatura programable por el usuario. - Equipada con alarmas de temperatura alta y baja con bloqueo automático. - Generación de humedad mediante bandeja de agua. - Puerta con vidrio para permitir la visibilidad al interior del gabinete. - Fabricadas de melamina plástica de 15mm. - Gabinete resistente a la humedad, térmico y lavable. - Sistema de alimentación a 110 volts. Consumo promedio aproximado de 80 watts. - Reguladores de aire y sello hermético. - Eficiencia arriba del 85% en huevo fértil. - Incluye manual de operación y guía de incubación.	\$12,604

III. METODOLOGÍA

La finalidad de este proyecto es la construcción de una incubadora de huevos de ave con el sistema de control automático para que sea funcional aplicando la metodología de prototipo que está relacionada con la mejora continua y el Ciclo de Deming que consiste en un proceso iterativo enfocado en diseñar, implementar, medir y ajustar un plan [8].

Donde la monitorización se realiza mediante la instalación de los sensores DHT22 que es de temperatura y humedad relativa de buen rendimiento, donde los actuadores conformados por un ventilador, dos focos de 100watts que producen el calor y el humidificador que se encarga de controlar la humedad del ambiente, y un servomotor que da la rotación a la bandeja de los huevos en determinado tiempo, todos los sensores están controlados por arduino nano que conforman lo que es nuestro sistema de control.

A. Sistema de control de temperatura y humedad.

Este sistema de lazo cerrado se mide la temperatura y la humedad a través del sensor HTD22, donde a partir del valor deseado en este caso de $37.5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ que es la temperatura deseada para la incubación, donde influyen los focos de 100 watts que actúan como una resistencia de calor junto con el ventilador para que ejecutar la acción de control.

En la humedad mediante el HTD22 que medirá el porcentaje de humedad que proporciona el humidificador y debe estar en un rango de [40 - 50] % dentro de la incubadora (véase Fig. 4).

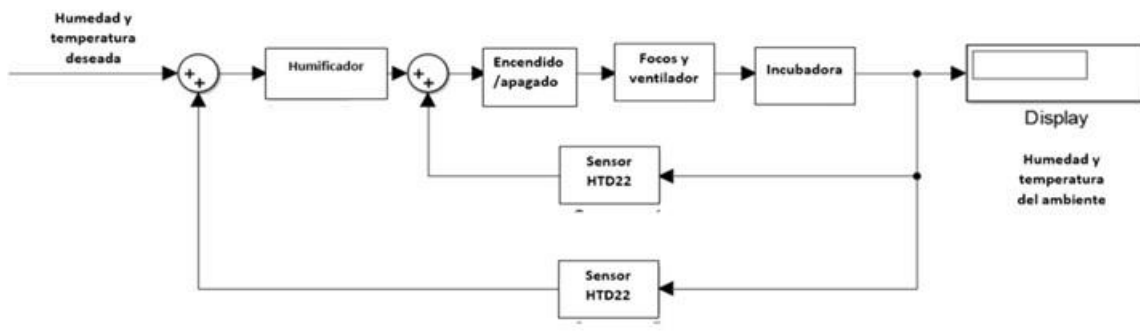


Fig. 4. Sistema de temperatura y humedad de lazo cerrado.

B. Sistema de volteo

Este sistema de volteo es de lazo abierto donde el DS323 que es el timer y HC-SR04 que es el sensor de proximidad hará que se accione el servomotor y mueva nuestra bandeja en la cual están colocados los huevos para así evitar que la yema se adhiera a la cascara, y garantizar el desarrollo del embrión (véase Fig. 5).

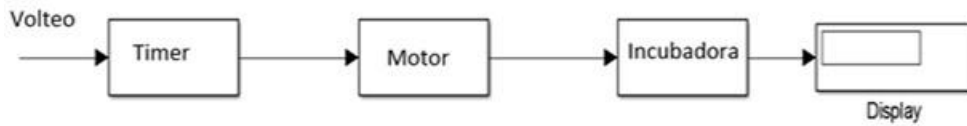


Fig. 5. Sistema de control de lazo abierto de volteo.

7

C. Diseño y construcción de la incubadora

El diseño de la incubadora automatizada de huevos de ave elaborado en el Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco, consta de varias etapas como primera fase se desarrolló el prototipo en el software de SolidWorks donde se ve la dimensión y la colocación de los elementos como, los focos, el ventilador el humificador etcétera (véase Fig. 6).

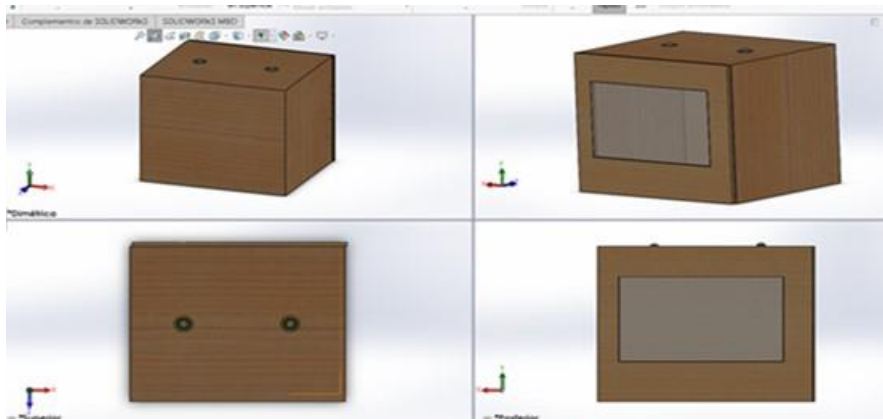


Fig. 6. Diseño de la Incubadora en SolidWorks con los elementos (focos y ventilador).

La creación del prototipo que se hizo en MDF donde se cortaron 2 piezas de 43*43cm, otras 2 piezas de 55*55 cm, y 2 piezas de 47*47cm, donde en una de las piezas de 55*55 se le colocó un vidrio para poder visualizar el proceso de incubación de los huevos. Para armar la incubadora se atornilló formando un cubo, donde la pieza que tiene el vidrio se unificó con la base mediante dos bisagras. Así mismo se colocó lo que es la bandeja de volteo y el humificador. (Fig.7)



Fig. 7. Prototipo de la incubadora en MDF.

D. Electrónica, programación y simulación

La programación se realizó en Arduino IDE, este programa ocupa un lenguaje C++, adaptado para cargarse en las placas propias de este desarrollador, dado que se ocupó una placa Arduino nano [9]. Debido a que el código es abierto permite la utilización de diversos componentes y librerías. Siendo la versatilidad la principal razón de apoyo en la programación. En el cual se determinaron las salidas y las entradas de la señal de la incubadora delimitando los rangos de temperatura, de humedad, también el conteo de los días que lleva en funcionamiento. (véase Fig. 8).

```
#include <Adafruit_BusIO_Register.h>
#include <Adafruit_I2CDevice.h>
#include <Adafruit_I2CRegister.h>
#include <Adafruit_SPIDevice.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // ya incluí la librería I2C RTClib
#include <RTClib.h> // ya incluí la librería del reloj
#include <EEPROM.h>
#include <DHT.h>

//Definimos los pines de entrada y salida
byte PIN_BTN_DOWN = 2;
byte PIN_BTN_SETUP = 3;
byte PIN_BTN_UP = 4;
byte PIN_DS18B20 = 0; //no utilizado
byte PIN_DHT22 = 5;
byte PIN_BUZIER = 6;
byte PIN_ACTU_0 = 8;
byte PIN_ACTU_1 = 9;
byte PIN_ACTU_2 = 10;
byte PIN_ACTU_3 = 11;
byte PIN_TRAY_ECHO = A2;
byte PIN_TRAY_TRIG = A3;
//-----
```

Fig. 8. Parte de la programación de la incubadora en arduino nano.

En el diagrama de conexión que se elaboró utilizando Fritzing [10] que muestra cómo están conectados los elementos (arduino nano, display LCD20*4, DS3231, adaptador LCD I2C, DHT22 HC-SRC, push botón buzzer y los módulos relé de 2 a 5v de acuerdo a las necesidades de implementación de nuestro sistema de control (véase Fig. 9).

Se utiliza el diagrama electrónico para la automatización de la incubadora de huevos de aves que fue realizado en el programa de computación PROTEUS [11], destinado al diseño y simulación de circuitos electrónicos, como se observa en la Fig.10.

9

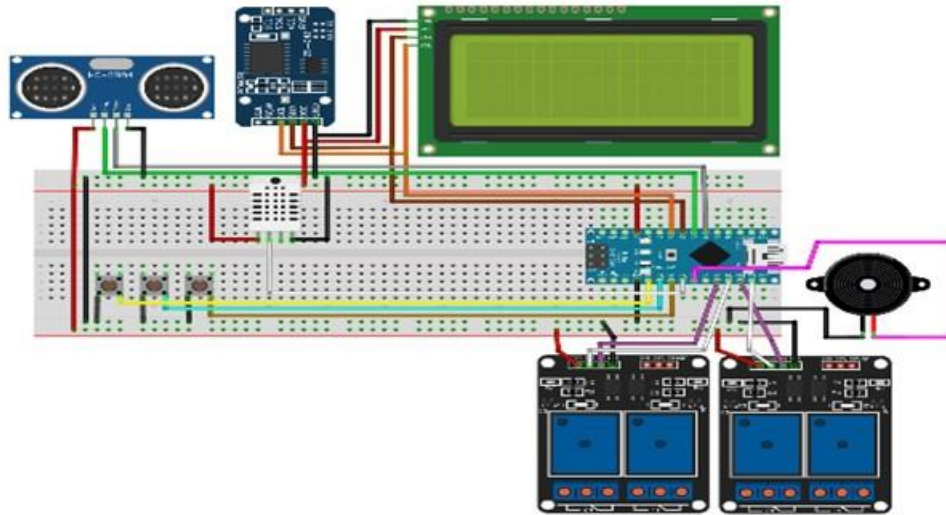


Fig. 9. Diagrama de conexión elaborado en Fritzing.

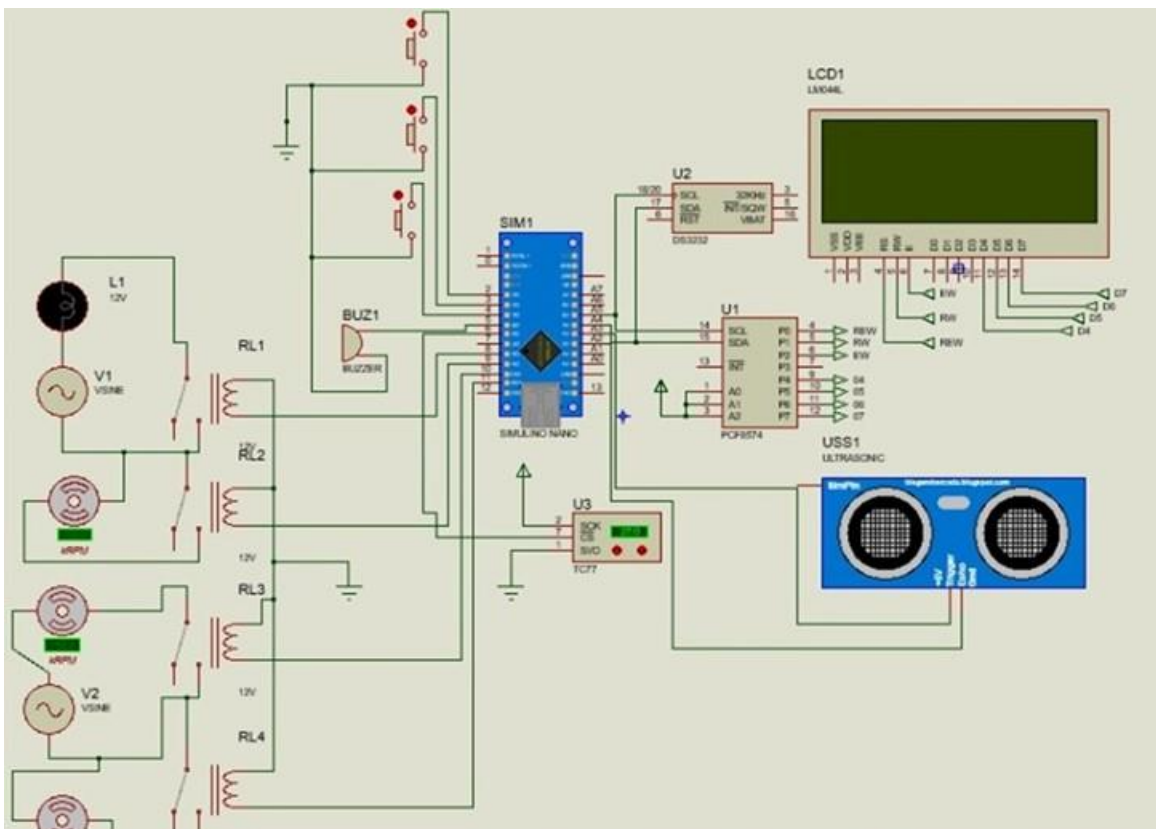


Fig. 10. Diagrama electrónico de la incubadora.

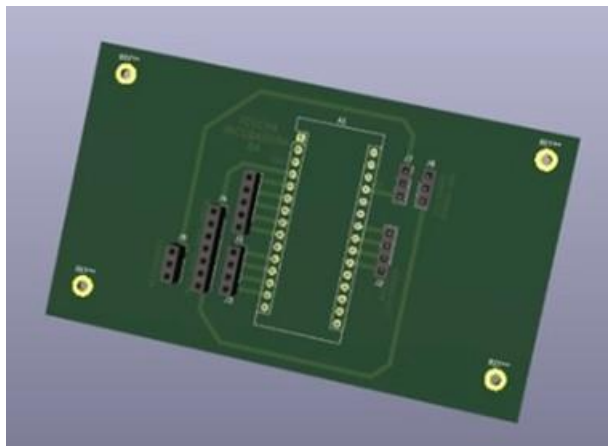


Fig. 11. Diseño de PCB en KidCAD.

IV. RESULTADOS

Dentro de nuestros resultados se obtiene la parte tangible que es la incubadora de huevos de aves ya armada y funcionando, la implementación de la PCB que es el Sistema de control general (véase Fig. 12) que a través de la LCD muestra los valores de la temperatura, humedad, el conteo de los días que lleva en funcionamiento.



Fig. 12. Sistema de control general de la incubadora.

Teniendo la incubadora se realizaron una serie de 17 pruebas en un periodo de 12 meses que garantizan su funcionalidad. Tomando una muestra de población en cada una de ellas de 30 huevos de gallina fértiles seleccionados en un principio por sus cualidades al no ser huevos con la cáscara rota, grietas o deformes, huevos cuya cáscara presente porosidad.

En cada una de las pruebas se consideraron las siguientes estadísticas

- La Viabilidad que representa en 99 % por ciento que equivale a 503 pollos nacidos vivos de los 510 huevos que se seleccionaron como fértiles durante las 17 pruebas
- La incubabilidad del 99 % por ciento sobre el proceso de incubación al tener 503 huevos eclosionados.
- La eclosionabilidad de mortalidad de los pollitos nacido al primer día es el 99% por ciento.

El cual garantiza una incubación adecuada y viable en la incubadora automatizada de aves.

TABLA 1
PRUEBAS DE VIABILIDAD, INCUBABILIDAD Y ECLOSIONALIDAD DE LA INCUBADORA AUTOMATIZADA.

	N° POLLITOS NACIDOS VIVOS	N° DE HUEVOS FERTILES	VIABILIDAD	INCUBABILIDAD	ECLOSIONALIDAD
PRUEBA 1	29	30	97%	97%	97%
PRUEBA 2	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 3	29	30	97%	97%	97%
PRUEBA 4	29	30	97%	97%	97%
PRUEBA 5	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 6	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 7	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 8	29	30	97%	97%	97%
PRUEBA 9	28	30	93%	93%	93%
PRUEBA 10	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 11	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 12	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 13	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 14	29	30	97%	97%	97%
PRUEBA 15	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 16	30	30	100%	100%	100%
PRUEBA 17	30	30	100%	100%	100%
TOTAL	503	510	99%	99%	99%

11

A continuación, se muestra una de las pruebas de cómo se llevó a cabo la incubación, desde el momento de seleccionar los huevos que no tuvieran el cascarón roto, o con mucha porosidad.

Se colocaron los 30 huevos dentro de la incubadora de aves que es la capacidad máxima, en un periodo de incubación de 21 días a una temperatura de $37.5^{\circ}\text{C} \pm 1$ y una humedad de [40–50] (véase Fig. 13).

Durante el primer periodo de incubación se inspeccionaron los huevos en el día 7 para observar que los órganos importantes estuvieran desarrollándose de manera adecuada (véase Fig. 14), lo que corresponde al 2do y tercer periodo es cuando se forma el esqueleto, las garras y el pico del pollo para que pueda romper el cascarón entrando al cuarto periodo que son los días finales de la incubación (véase Fig. 15).

TABLA 1
MONITOREO DE LA MUESTRA DE 30 HUEVOS EN LA INCUBADORA.

PERIODO	DÍA	TEMP. °C	HUMEDAD	VOLTEO
PRIMER	1	37.5	45	4-6 VECES
	2	37.5	45	4-6 VECES
	3	37.5	45	4-6 VECES
	4	37.5	45	4-6 VECES
	5	37.5	45	4-6 VECES
	6	37.5	45	4-6 VECES
SEGUNDO	7	37.5	45	4-6 VECES
	8	37.5	45	4-6 VECES
	9	37.5	45	4-6 VECES
	10	37.5	45	4-6 VECES
	11	37.5	45	4-6 VECES
TERCER	12	37.5	45	4-6 VECES
	13	37.5	45	4-6 VECES
	14	37.5	45	4-6 VECES
	15	37.5	45	4-6 VECES
	16	37.5	45	4-6 VECES
	17	37.5	45	4-6 VECES
	18	37.5	45	4-6 VECES
	19	37.5	45	4-6 VECES
CUARTO	20	37	45	4-6 VECES
	21	37	45	4-6 VECES



Fig. 13. Primer día de la incubación de los 30 huevos.



Fig. 14. inspección de los 30 huevos durante el primer periodo.



Fig. 15. Cuarto periodo donde los pollos rompen y salen del cascarón.

Los resultados obtenidos son favorables y por ello surgió la necesidad de poder adaptar un lugar donde tuviéramos los polluelos que iban naciendo realizamos lo que es un cuadro de densidad de pollos según su edad después de nacidos.

13

	pollitos / m ²		pollitos / 10 m ²		pollitos / 12 m ²		pollitos / 15 m ²		pollitos / 20 m ²		pollitos / 30 m ²		pollitos / 60 m ²		pollitos / 75 m ²	
1 a 3 días	55	60	550	600	660	720	825	900	1100	1200	1650	1800	3300	3600	4125	4500
4 a 6 días	40	50	400	500	480	600	600	750	800	1000	1200	1500	2400	3000	3000	3750
7 a 9 días	30	40	300	400	360	480	450	600	600	800	900	1200	1800	2400	2250	3000
10 a 12 días	20	30	200	300	240	360	300	450	400	600	600	900	1200	1800	1500	2250
13 a 15 días	10	20	100	200	120	240	150	300	200	400	300	600	600	1200	750	1500
16 a 19 días	10		100		120		150		200		250		600		750	
21 días en adelante	8		80		96		120		160		200		480		600	

Fig. 16. Cuadro de densidad según la edad del pollo.

De acuerdo con los metros cuadrados para tener una población de 500 a 600 pollitos se determina que

- De 1 a 3 días la población de 503 pollos con 10 m² es suficiente.
- 4 a 6 días para conservar la población de 503 pollos con 12 m² es suficiente.
- 7 a 9 días para conservar la población de 503 pollos con 15 m² es suficiente.
- 10 a 12 días para conservar la población de 503 pollos con 20 m² es suficiente.
- 13 a 15 días para conservar la población de 503 pollos con 30 m² es suficiente.
- 16 a 19 días para conservar la población de 503 pollos con 60 m² es suficiente.
- 21 días en adelante para conservar la población de 503 pollos se necesitan 75 m².

Se construyó un lugar donde los pollos se pudieran desarrollar (véase Fig. 17) una vez llegando a la madurez reproductiva se reparan para controlar su mortalidad.



Fig. 17. Los pollos que se han nacido en estas 17 pruebas.

Durante este proceso se obtuvo el peso de los pollitos al nacer que era de 35 gr a 50 gr en promedio de los 503, su tasa de natalidad del 99 %, al alcanzar su vida adulta con una alimentación natural basada en una mezcla de semillas de soya, maíz, cebada, trigo, sorgo, mezcladas con alfalfa, con una hidratación constante, alcanzaron un peso de 2,800 gr en 35 días contemplado los siguientes factores en su desarrollo, como la energía que obtienen del alimento donde esta promueve el crecimiento de tejidos, mayores ganancias musculares y mantenimiento de sus funciones; las proteínas y aminoácido que generan el aumento de peso, conversión

alimenticia y el crecimiento; los macro minerales y vitaminas que son necesarias para el desarrollo óseo y la función del sistema nervioso e inmunológico (véase Fig. 18).



Fig. 18. Los pollos con una alimentación natural.

TABLA 3
PRUEBAS REALIZADAS EN CONDICIONES ADVERSAS.

	N° POLLITOS NACIDOS VIVOS EN PRUEBAS ADVERSAS	N° DE HUEVOS FERTILES	VIABILIDAD	INCUBABILIDAD	ECLOSIONALIDAD
PRUEBA 1	23	30	77%	77%	77%
PRUEBA 2	24	30	80%	80%	80%
PRUEBA 3	20	30	67%	67%	67%
PRUEBA 4	22	30	73%	73%	73%
PRUEBA 5	21	30	70%	70%	70%
PRUEBA 6	23	30	77%	77%	77%
PRUEBA 7	22	30	73%	73%	73%
PRUEBA 8	23	30	77%	77%	77%
PRUEBA 9	21	30	70%	70%	70%
PRUEBA 10	28	30	93%	93%	93%
TOTAL	227	510	76%	76%	76%

Donde se registraban temperaturas de 13°C por las noches y alcanzando temperaturas de hasta 27°C a medio día lo cual representa un reto para lograr mantener la temperatura óptima de incubación, esto generando otros problemas como lo son el aumento del 50 % por ciento en el consumo de energía eléctrica en un periodo de 24 horas.

Al tratar de mantener la temperatura los componentes electromecánicos (relevadores) sufren desgaste mecánico lo cual provoca que queden normalmente abierto o normalmente cerrado, esto provoca que la incubadora pueda mantenerse encendida en todo momento o este apagada lo cual genera fallas en el sistema. Donde se obtuvieron los siguientes datos

- La Viabilidad que representa en 76 % por ciento que equivale a 227 pollos nacidos vivos de los 510 huevos que se seleccionaron como fértiles durante las 10 pruebas
- La incubabilidad del 76 % por ciento sobre el proceso de incubación al tener 227 huevos eclosionados.
- La eclosionabilidad de mortalidad de los pollitos nacido al primer día es el 76% por ciento.

Comprobando lo anterior la incubación en condiciones desfavorables cuando los huevos ya han eclosionado presentan algunas deformaciones los pollitos tales como: encefalía craneal, picos cruzados, ausencia de los globos oculares, celosomía visceral, ciclope, duplicación posterior, duplicación anterior con encefalía craneal, falanges extras, ausencia de algunas de sus alas, piel traslucida que impiden su desarrollo natural.

V. CONCLUSIÓN

Durante la elaboración de este trabajo ha quedado establecida la importancia de la automatización de la incubadora de aves que ayuda a la incubación de manera artificial, garantizando eficiencia del 99% en la viabilidad, incubabilidad y la eclosión.

Cuyo funcionamiento es controlado en los sistemas de temperatura, humedad y volteo que proporciona los parámetros ideales dentro de la incubación que se ocupa en el desarrollo embrionario del huevo de gallina de manera inteligente y controlada por el hombre generando una interacción entre usuario y equipo. De esta manera se trata de evitar las malformaciones más comunes en los pollitos que se generan a causa de una inadecuada incubación

AGRADECIMIENTO

Se agradece al Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco, a los docentes de esta casa de estudios y a las autoridades correspondientes las facilidades obtenidas y apoyo para la generación de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Boletín Agrario, boletinagrario.com, 2022. Available: <https://boletinagrario.com> [Último acceso: jun. 2022].
- [2] CEDRSSA, “CDRSSA”, Palacio Legislativo de San Lázaro, CDMX, 2019.
- [3] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, *Sector avícola, estratégico en las metas de autosuficiencia alimentaria en el país: Agricultura*, Gobierno de México, 2021. Available: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/sector-avicola-estrategico-en-las-metas-de-autosuficiencia-alimentaria-en-el-pais-agricultura?idiom=es#:~:text=La%20industria%20av%C3%ADcola%20nacional%20representa,el%20secretari%20de%20Agricultura%20y> [Último acceso: 2022].
- [4] Poultrylife, *Ciclo de vida en la cría de pollos*, 2022. Available: <https://poultrylife.com/cria-de-pollos/ciclo-de-vida-en-la-cria-de-pollos/> [Último acceso: Sep. 2022].
- [5] G. Gundran, *Huevos Fértiles: La importancia de evaluar la calidad interna de los huevos*, aviNews.com, 2022. Available: <https://avinews.com/huevos-fertiles-la-importancia-de-evaluar-la-calidad-interna-de-los-huevos/#:~:text=La%20yema%20debe%20ser%20clara,embrionaria%20temprana%20durante%20la%20incubaci%C3%B3n> [Último acceso: 2022].
- [6] D. Gallego, *Proceso de incubación de pollito Ross 308 en planta de incubación. Barbosa-Antioquia (OPAV)*, Corporación Universitaria Lasallista, 2014. Available: http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1507/1/Incubacion_pollito_Ross_308.pdf
- [7] Finca Casarejo, *Parámetros en la incubación artificial de huevos de gallina*, 2019. Available: <https://www.fincacasarejo.com/noticias/articulos/parametros-en-la-incubacion-artificial-de-huevos-de-gallina/#:~:text=La%20temperatura%2C%20la%20humedad%2C%20la,el%20proceso%20de%20incubaci%C3%B3n%20artificial> [Último acceso: 2022].
- [8] L. Lozada, “La ciencia y el hombre”, *Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad Veracruzana*, vol. 13, no. 1, 2000.
- [9] Arduino, Arduino (foros y librerías), 2019. Available: <https://www.arduino.cc/>
- [10] Fritzing, Fritzing: Electronics Made Easy, 2022. Available: <https://fritzing.org/>
- [11] Labcenter Electronics, 2022. Available: <https://www.labcenter.com/>
- [12] KiCad EDA, *A Cross Platform and Open Source Electronics Design Automation Suite*, 2022. Available: <https://www.kicad.org/> [Último acceso: 2022]
- [13] KiCad EDA, *A Cross Platform and Open Source Electronics Design Automation Suite*, 2022. Available: <https://www.kicad.org/> [Último acceso: 2022]