

Incubadora Avícola Sustentable, Automática

Arturo de la Rosa Galindo, Urfila Victoria Peláez Estrada, Herminio Aniano Aguirre,
Jaime Abel Ramírez Arancivia, Lauro Gasga Pérez, María Guadalupe Medina Ortiz, Luz Clara Cisneros Ayala,
Uriel Mondragón Calderón

Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Pinotepa. Departamento de Sistemas y Computación. Prolongación 10a Norte entre libramiento y calzada Tecnológico, Sección primera, Santiago Pinotepa Nacional, Oax. México. C. P. 71602.

Resumen

Una incubadora de huevos de ave, es un recinto en el cual se tiene control de temperatura, humedad, ventilación y movimiento de los huevos. El modelo que aquí se expone es el resultado de una serie de modificaciones y mejoras que se han implementado en modelos anteriores, con el fin de hacer una incubadora más funcional, con un bajo consumo de energía, y que le brinde al usuario flexibilidad para su operación y versatilidad para que se adapte a sus necesidades.

La incorporación de un microcontrolador (ATmega2560), para llevar a cabo el control de temperatura, humedad y movimiento de la incubadora ha sido de suma importancia, ya que con ello se ha obtenido precisión, y se ha facilitado el manejo de la incubadora, lo cual ha permitido tener una alta tasa de nacimientos (entre 80 y 95 %)

Abstract

A bird egg incubator is an enclosure in which you have control of temperature, humidity, ventilation and movement of the eggs. The model presented here is the result of a series of modifications and improvements that have been implemented in previous models, in order to make a more functional incubator, with low energy consumption, and to provide the user with flexibility for their operation and versatility to suit your needs.

The incorporation of a microcontroller (ATmega2560), to carry out the control of temperature, humidity and movement of the incubator has been of utmost importance, since with this precision has been obtained, and the handling of the incubator has been facilitated, which which has allowed a high birth rate (between 80 and 95%)

Palabras clave: Automatización, humedad, Incubadora, Temperatura.

Keywords: Automation, humidity, Incubator, Temperature.

1. INTRODUCCIÓN

El dinamismo de la avicultura presentado en los últimos 25 años ha permitido que México se ubique como el cuarto productor avícola a nivel mundial de carne de pollo, y como el quinto en la producción de huevo. Los avances tecnológicos en la genética animal, la nutrición, el manejo, la sanidad y el equipo tecnológico usado en la producción han permitido que la industria de la producción de pollo haya incrementado su productividad y competitividad. Los tres sistemas de producción que siguen operando en la actualidad en México son: el de traspatio (10.0%), semi tecnificado (20.0%) y tecnificado (70.0%) (Hernández & Vázquez, 2009; Pérez et al., 2014). La avicultura nacional es la actividad agropecuaria más importante del país; ha desarrollado y cumplido con un cometido social muy importante en las últimas tres décadas. Los avicultores aportan una oferta anual de pollo, huevo y pavo por un valor de más de 28,000 millones de pesos, participan con un 33.55% del PIB agropecuario y con el 0.44% del PIB total. En el año 2000 la producción avícola aportó 1'830,000 toneladas de huevo, 1'890,000 toneladas de carne de pollo y 12,400 toneladas de carne de pavo. La industria avícola nacional tiene varios mercados: El mercado público (30.0%), la industria de la roscería (30.0%), el producto vivo (20.0%) y los supermercados (20.0%); éste último incluye pollo entero, en piezas y procesado (Jiménez, 2012; Pérez et al., 2014). Este proyecto consistió en el diseño avícola sustentable, automatizado con microprocesadores y monitoreada con aplicación móvil, con capacidad de incubación de 100 huevos, teniendo un 90% de gestación

de bajo costo, como una propuesta de solución para hacer frente a los altos precios en el mercado, mediante la producción de pollos, huevos en el entorno doméstico y poder satisfacer la demanda alimentaria de poblaciones vulnerables.

La incubación artificial surgió de la necesidad de satisfacer la demanda alimenticia de la humanidad, y para poder incubar especies que por selección natural es difícil que se logren.

En la actualidad se cuenta con controles electrónicos digitales de alta precisión, sin embargo, son pocas las incubadoras que garantizan una alta tasa de nacimientos (mayor del 85%), que tenga un consumo de energía moderado, y que su interface de control sea flexible al usuario, esto debido, entre otras cosas, a que no incorpora un sistema de control en el cual un solo módulo monitoree los parámetros a controlar, es decir, a un módulo se le asigna la medición de la temperatura, a otro la humedad, y a otro la posición de los huevos, no habiendo una interconexión entre sí, lo cual no permite relacionar los parámetros, que es muy importante, por ejemplo, cuando se requiere controlar la humedad, ver figura 1.

En la incubadora que se diseñó se ha atendido principalmente al desarrollo de un control electrónico que controle los parámetros de la incubadora, por lo que en este artículo se hará énfasis primordialmente en como el diseño mecatrónico, ayudó a resolver un problema de diseño, apoyándose en modelos matemáticos para poder llevar a cabo el control de los parámetros de incubación.

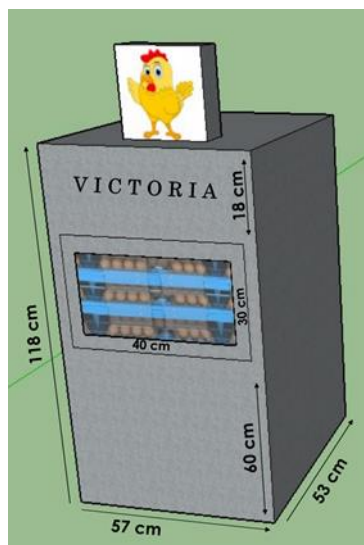


Figura 1. Incubadora "VICTORIA"

2. MÉTODO DE IMPLEMENTACIÓN

Algunas de las funciones que debe llevar a cabo la incubadora son las siguientes:

- Mantener una temperatura estable con variaciones no mayores de 1°F (Típicamente los valores de temperatura que se requieren oscilan entre 97°F y 103°F)
- Mantener un porcentaje de humedad relativa estable con variaciones no mayores de 3%
- Girar los contenedores en los que se encuentran dispuestos los huevos, esto se debe hacer en 30 segundos en un lapso de entre 1 y 2 hrs.

- La ventilación debe ser tal que el aire dentro de la incubadora tenga un contenido menor de 600 ppm de CO.

En la figura 1 se muestra la disposición física de una incubadora. La incubadora se diseñó basada en los cuatro puntos antes mencionados, ya que controla temperaturas desde 32°F hasta 100°F con variaciones de 0.44°F. La humedad tiene un rango de operación de 25 % hasta 90% con variaciones de 1%. El tiempo de volteo permite un rango de 1 a 255 min y se ha implementado un sistema de ventilación forzada, que por un lado absorbe aire limpio, y por otro saca el aire viciado debido a la respiración de los embriones.

Dentro de la incubadora, parámetros como humedad, temperatura, tiempo de volteo y ventilación, se encuentran perfectamente controlados con el fin de obtener una tasa de nacimientos mayor del 85%.



Figura 2. La incubadora vista interior

3. CREACIÓN DEL PROYECTO

Primero se realizó la revisión del estado del arte, lo cual consiste en revisar la bibliografía existente con respecto a incubadoras artificiales locales, nacionales con ello para conocer los prototipos existentes para su análisis. Posteriormente se desarrolló una encuesta a los productores avícolas de poblaciones marginadas, para saber su importancia con el proyecto. Se determinó con un análisis de resultados de la encuesta para la toma de decisiones. Segundo se diseñó el prototipo de incubadora para huevos de pollos de granja con capacidad de incubación de 150 huevos. Para este proyecto se realizó el diseño de una incubadora que reprodujo el proceso natural de incubación 21 días. Este diseño contempló el control de humedad, temperatura y circulación de aire; que son variables involucradas en la incubación de los huevos. Ver figura 3 donde el diseño en 3D que brindó una apreciación casi real del prototipo. Para ello se utilizó el software sketchup, con el propósito de modelar el exterior e interior dándole vista a las tres charolas y la parte superior donde se instaló la circuitería. Esto nos permitió seguir una construcción de manera ordenada, este diseño cuenta con 57 cm de ancho, 118 cm de alto

por 53cm de fondo, el vidrio es para visualizar los huevos desde afuera: 40cm X 30cm, dentro de esta caja en forma de pollo se encuentran los circuitos.

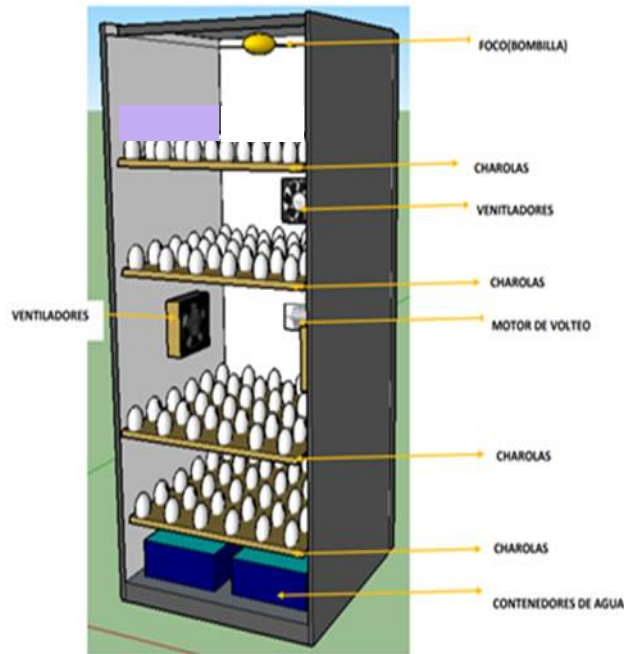


Figura 3. Diseño Interno de la Incubadora

Esta sería la vista dentro de la incubadora, se puede observar que cuenta con 3 charolas para los huevos, un foco, 2 contenedores de agua, 3 ventiladores y el motor para el volteo de charolas (Ver figura 4).



Figura 4. Foco y ventilador para distribuir la temperatura.

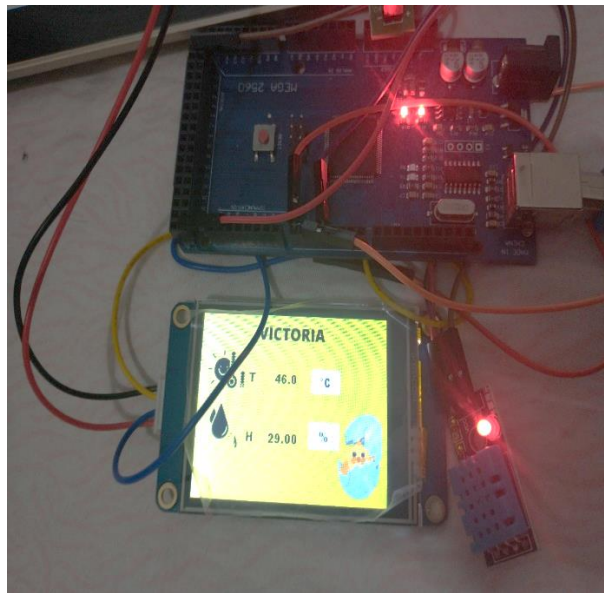


Figura 5. Circuitería de la Incubadora

Tercero construyó el prototipo de la incubadora incluyendo la gestión de la alimentación con celda solares y la interfaz con el sistema. En la siguiente ilustración (figura 5) se observa el diseño de manera detallada el circuito electrónico de todos los módulos que compondrán el sistema conectado respectivamente a la placa programable “Arduino uno”. En la figura 6 y 7, Se muestra el sistema fotovoltaico conectado al sistema de la incubadora, se puede apreciar la conexión del panel solar hacia el controlador de carga y el cual está conectado hacia la batería de ciclo profundo haciendo que cuando esta esté llena de energía no pase más energía del panel hacia ella, la batería está alimentando el inversor de corriente el cual lleva la energía a un multicontacto haciendo que no dañe los aparatos en este caso el Arduino ya que este contiene la programación que permite de cada uno de los componentes eléctricos. (Ver figura 7 y 8)

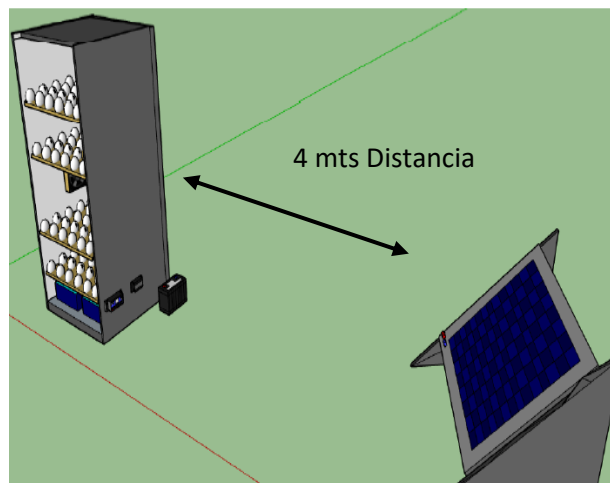


Figura 6. panel fotovoltaico de 12v que se encontrará instalado a 4 metros de distancia de la incubadora.

El sistema fotovoltaico estará conectado al sistema de la incubadora, se podrá apreciar la conexión del panel solar hacia el controlador de carga y el cual está conectado hacia la batería de ciclo profundo haciendo que cuando esta esté llena de energía no pase más energía del panel hacia ella, la batería está alimentando el

inversor de corriente el cual lleva la energía a un multicontacto haciendo que no dañe los aparatos en este caso el Arduino ya que este contiene la programación que permite de cada uno de los componentes eléctricos .



Figura 7. Panel fotovoltaico de 12v que se encontrará instalado a 4 metros de distancia de la incubadora.

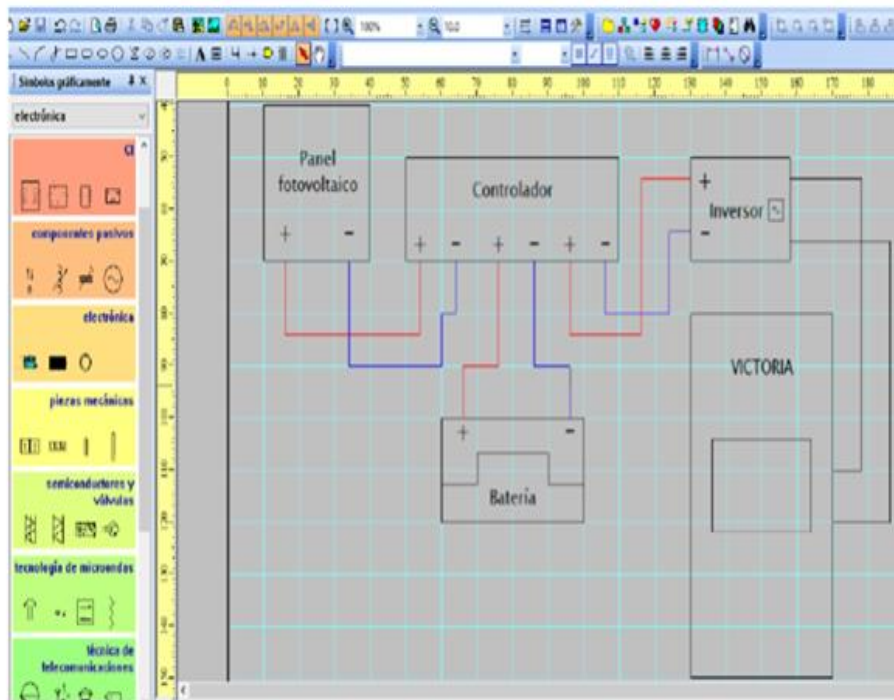


Figura 8. Conexiones del panel fotovoltaico con la incubadora avícola.

Cuarto se realizará el diagrama electrónico para los sensores y programar los sensores de tiempo y temperatura en un sistema embebido.

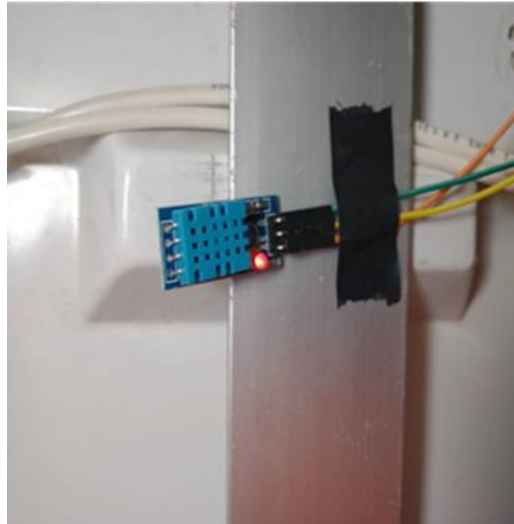


Figura 9. Sensor de temperatura y humedad relativa tipo El DHT11

Se implementará las especificaciones del diseño técnico se conectarán los componentes, al igual que se programará la aplicación móvil (Ver Figura 10) así como también los sensores de temperatura y humedad también las funciones de los componentes electrónicos para el monitoreo de la incubadora. Se programará los días de incubación y las funciones de los componentes electrónicos como son los sensores de temperatura y humedad, el módulo de BlueTooth, el módulo de interfaz y los relevadores. La programación de la placa arduino como la aplicación ya que, para obtener resultados favorables, hay que revisar si hay algún error el cuál puede ser de tipo lógico, de semántica o ejecución. Quinto Integrar el sistema embebido con la incubadora. En esta fase se implementarán y se realizarán las pruebas pilotos del diseño técnico se conectarán los componentes, la programación de la aplicación móvil para el monitoreo de la incubadora, para observar su funcionamiento. Verificar el funcionamiento de la incubadora garantizando el cumplimiento de los requerimientos y especificaciones establecidas del diseño.

```

#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal.h>
long previousMillis = 0;
#define DHT_PIN 7 //Analogico 1
#define CALEFACCION 22 //Digital 10//
#define HUMIDIFICADOR 24 //Digital 11
#define MOTOR 26 //Digital 12
float temperature=0.0f;
float humidity=0.0f;
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHT_PIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal lcd(8,9,4,5,6,7);
void setup()
{
  Serial.begin (9600);
  lcd.begin (16,2);
  dht.begin();
  pinMode (CALEFACCION, OUTPUT);
  pinMode (HUMIDIFICADOR, OUTPUT);
  pinMode (MOTOR, OUTPUT);
}
void loop()
{
  float h = dht.readHumidity(); //lee la humedad dht.readHumidity
  float t = dht.readTemperature(); //lee la temperatura
  if (isnan(t) || isnan(h))
  {Serial.println(" Fallo sensor DHT");
  }
  else
  {
    String command = "humidity.txt="+String(humidity,1)+"\n";
    Serial.print(command);
    Serial.print("Humedad: ");
    Serial.print(h);
    Serial.println(" %");
    delay(2000);
  }
}
    
```

Figura 10. Código del Motor de Volteo y del Sensor de Temperatura y Humedad.

Control electrónico, En la figura 10 se muestra el diagrama del control electrónico general, al microcontrolador se conectan los siguientes elementos:

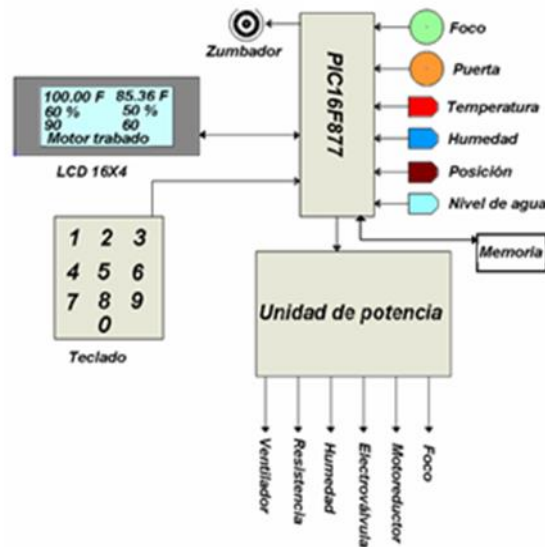


Figura 11. Diagrama de interfaz

los siguientes elementos:

- Un módulo LCD de 16x4, Un teclado matricial, Dos sensores de temperatura
- Un sensor capacitivo para medir nivel de agua
- Una memoria de 64 kb con protocolo I2C
- Dos interruptores
- Un zumbador
- Una tarjeta de relevadores
- Potenciómetro de 50 k Ω

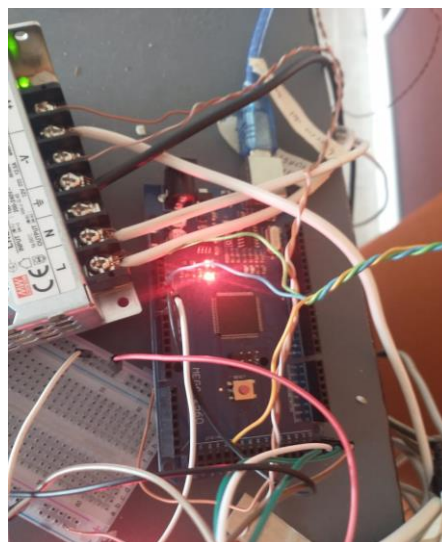


Figura 12. Circuito Electrónico

En el módulo LCD se visualizan los parámetros, temperatura, humedad y tiempo de volteo, así como alguna falla que pudiera suscitarse. El teclado permite introducir el valor de los parámetros, el zumbador indica cuando la incubadora tiene alguna falla, la unidad de potencia contiene los relevadores que activan o desactivan los actuadores (ventilador, resistencias, electroválvula, motorreductor, foco). Dos interruptores se conectan al microcontrolador, uno es para saber si la puerta se encuentra abierta, y otro para activar el foco. Para saber la inclinación de los huevos se ha colocado un potenciómetro en el eje de giro de las charolas, el potenciómetro a su vez manda una señal eléctrica al microcontrolador. También se han conectado dos sensores de temperatura, uno para medir temperatura y otro se ha acondicionado para medir la humedad. Tal acondicionamiento consiste en mantener un sensor húmedo, de tal manera que se tenga la referencia de la temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco.

Las características de los sensores son las siguientes:

- Sensores analógicos con una salida se 10 mV/oC
- Resolución de 0.44 °F
- Rango de operación de 0 a 100 °C

Para realizar la medida, cada sensor se ha conectado a un canal de entrada del convertidor analógico a digital con una resolución de 10 bits, que trae incorporado en el silicio el microcontrolador, y la información que se obtiene de la lectura del convertidor analógico a digital se procesa en el interior del microcontrolador. El tener un valor de bulbo húmedo y bulbo seco, permite conocer el porcentaje de humedad dentro de la incubadora, a través de la carta psicométrica, de la cual se han extraído algunos valores y se han guardado en una memoria conectada al microcontrolador por medio del protocolo I2C. En el programa que se ha grabado en el microcontrolador, se ha incluido una ecuación que permite relacionar los valores de bulbo seco y bulbo húmedo, y las direcciones de la memoria, de tal manera que al saber los valores de bulbo húmedo y seco se puede leer de la memoria el valor del porcentaje de humedad que corresponde. La deducción de la ecuación también se ha apoyado en la carta psicométrica.

Aspectos fundamentos durante el proceso de incubación según el tipo de ave.

Tipo de Ave Tiempo de Incubación (días)	Temperatura de Incubación	Humedad relativa en la Incubación	Movimientos del Huevo (mínimo de veces por día)
Gallina 21 a 22	37.5°C	60% tendiendo a 4 Subir.	4

Figura 13. Periodos de Incubación

El Control, sistema funciona en tiempo real, por lo cual los parámetros de jerarquía primaria son atendidos por interrupción permitiendo así que los servicios de control en el nivel secundario se trabajen de forma paralela atendiendo a los datos del nivel primario.

El sistema trabaja a una velocidad máxima de 20 MHz, lo que implica que se pueden realizar hasta cinco millones de operaciones por segundo, por lo que el control de la máquina se puede considerar robusto con respecto a las tolerancias de tiempo. Cada corrida del programa principal se efectúa en 2 segundos. El procesar la información implica convertir los valores, colectados de los sensores, a binario codificado a decimal, para ser comparados con los valores que se requieren, y así activa o desactivar los actuadores según se requiera.

Las fallas que se pueden tener son:

- Temperatura alta
- Temperatura baja
- Falta de agua
- Motor trabado.

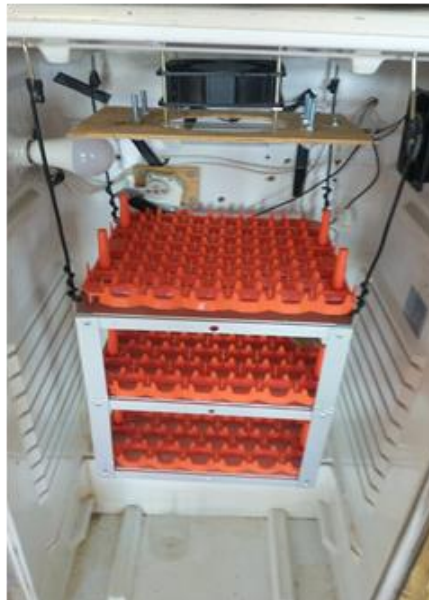


Figura 14. Incubadora vista interior con sus componentes electrónicos

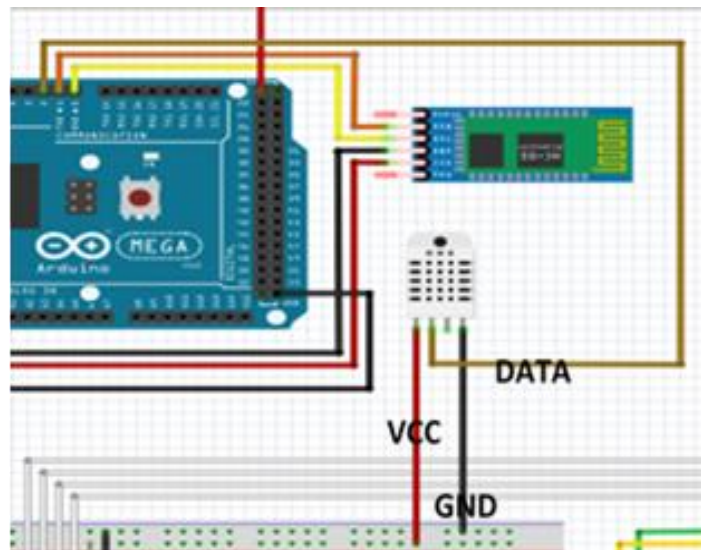


Figura 15. Diagrama de componentes del sensor de temperatura en el prototipo.

4. RESULTADO

El diseño del prototipo para el sistema de incubación avícola, consiste en un aparato que garantice el funcionamiento de los sistemas que proporcionan la función práctica, al mantener los parámetros apropiados que demanda el desarrollo embrionario del huevo de gallina lo más automáticamente posible, y que esté dotado de las características que establezcan una relación de uso (funcionamiento y manejo) de manera que genere una interacción práctica, cómoda y agradable entre el usuario – aparato y así mismo amigable entre aparato- entorno. (Ver Figura 16 y 17).

- El proyecto es viable debido a que todos los componentes son de bajo costo, el costo unitario de producción por pollito es de aproximadamente \$ 0.000017 Pesos mexicanos. Incluyendo el huevo fértil, incubación y el primer mes de crecimiento
- En un año se pueden encubar 1000 huevos que es igual a 16 carnadas. En promedio vivirán 1000 pollitos.
- Se requieren conocimientos previos en la selección, fertilidad y manejo de los huevos para tener un mayor porcentaje de producción.
- El sistema de construcción es muy sencillo.
- La inversión se amortiza en menos de un año.
- Se puede considerar esta incubadora para cualquier especie de huevos, siempre y cuando se considere la temperatura y la humedad y otros aspectos para la incubación.

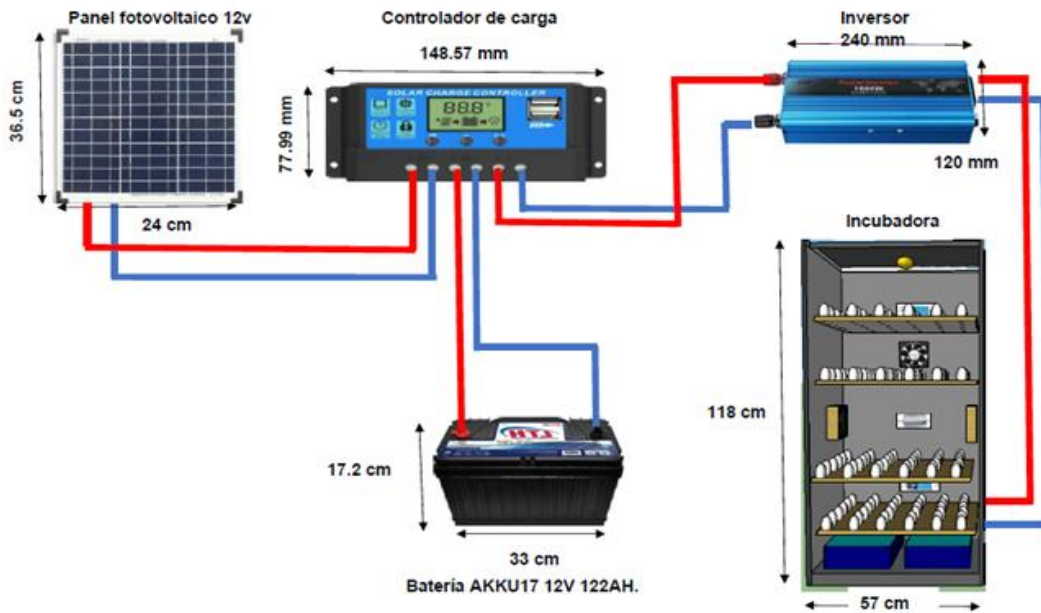


Figura 16. Las conexiones del panel fotovoltaico con la incubadora avícola.



Figura 27. La incubadora avícola "Victoria"



Figura 38. La incubadora avícola "Victoria" preparándola para la incubación prueba

5. CONCLUSIÓN

El tener un control con sensores de precisión, relacionados entre sí han permitido obtener tazas de nacimiento de hasta un 95% con respecto a incubadoras que ofrecen a lo más un 80% utilizando controles convencionales. Otro resultado que se refleja el incorporar un microcontrolador es el ahorro de energía y agua, ya que, por ejemplo, una incubadora que ya ha sido fabricada en México, con una capacidad de 1000 huevos tiene un consumo de 1000 watts y por día gasta entre 20 y 30 litros de agua. Una de las incubadoras que se diseñó, con la misma capacidad tiene un consumo de energía de 700 watts y al día consume 10 litros de agua. Las comparaciones se han hecho basándose en una empresa que comercializa incubadoras en México desde ya hace un tiempo. Sin embargo, todavía queda mucho por mejorar, ya que, en fechas recientes, han surgido nuevos sensores que permiten dar mayor precisión a las mediciones, los cuales ya se están incorporando a nuevos modelos de incubadoras, y con ello se pretende que en un futuro no muy lejano se puedan garantizar tazas de nacimiento cercanas al 100%.

REFERENCIAS

- [1] Alonso, C. G., & Puig, J. I. B. (2011). Bioseguridad en la sala de incubación. *Selecciones Avícolas*, 3, 7-11.
- [2] Arias (2006) introducción a la metodología científica. Caracas –Venezuela
- [3] Araucana (*Gallus inauris*): Efecto sobre la Mortalidad Embrionaria, Tasa de Eclosión, Peso del Polluelo, Saco Vitelino y de Órganos Internos. *International Journal of Morphology*, 34, 57-62.
- [4] AVILA, G. E. Alimentación de las aves. México, Trillas. 1986 Erazo, M. L. D. R. (2015). Diseño y construcción de una máquina incubadora automática para huevos de codorniz. (Licenciatura), Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- [5] BARBADO, José Luis (2004.). Cría de aves. Gallinas ponedoras y Pollos parrilleros. Editorial Albatros, Primera Edición, Bs. As. Argentina.
- [6] Barrera Gutiérrez Alberto (2006.). Diseño y Construcción de una Incubadora Casera para huevo de gallina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Michoacán, México.
- [7] Bru, V. S. (2019). Control de una incubadora mediante Arduino y Android. (Ingeniería Licenciatura), Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España.
- [8] Bundy (2008) la producción avícola in editorial continental S.A de C.V calzada de Tlalpan.
- [9] HAYNES, Ciynthia (1990). Cría Domestica de pollos. Editorial Limusa. Primera edición 1990.México.
- [10] Hernández, M. M. d. C., & Vázquez, R. M. Á. (2009). Industrias Bachoco: estrategias de localización y competitividad ante el nuevo escenario avícola. *Región y Sociedad*, 21, 27-51.
- [11] Jaramillo, R. I., Hernández, Z., Sierra, V., & Vargas, L. (2005). Relaciones entre características del huevo incubable y nacimiento de pollitos. *Archivos de Zootecnia*, 54(206), 437-441.
- [12] Jiménez, B. M. O. (2012). Desarrollo de una incubadora automatizada de *Gallus gallus* con microcontroladores. (Licenciatura Tesis de Licenciatura), Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. LUTMANM,
- [13] Malik, (2000) "Circuitos electrónicos. Análisis, simulación y diseño", Prentice Hall
- [14] Martínez, Ricardo O (1994). Gallinas Ponedoras. Editorial Albatros. Bs. As. Argentina. N.R.
- [15] Pérez, S. F., Figueroa, H. E., Godínez, M. L., & García, S. J. A. (2014). La avicultura en México: retos y perspectivas. In S. F.
- [16] Pérez, H. E. Figueroa, & M. L. Godínez (Eds.), *Aportaciones en ciencias sociales: Economía y humanidades* (pp. 293-300). Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- [17] Quituzaca, V. I. J. (2015). Instalación y evaluación de una incubadora modelo para la Facultad de Ciencias Pecuarias. (Licenciatura), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- [18] Ruiz, D. N., Orrego, G., Reyes, M., & Silva, M. (2016). Aumento de la Temperatura de Incubación en Huevos de Gallina
- [19] Rick y Gail (1990). *Cómo criar gallinas*. Ed. El Ateneo. Bs. As. Argentina.
- [20] Santiago, P. L., & Ronquillo, J. A. (2015). Programación y Control de Circuitos de una Incubadora de Huevos de Gallina mediante una Plataforma de Código Abierto. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 2(3), 1- Schnadower Baran I. (1979) *Circuitos electrónicos digitales*. Mc Graw Hill.
- [21] Tojeiro Calaza, G. (2014). *Taller de Arduino. Un enfoque práctico para principiantes*. Barcelona. MARCOMBO, S.A.