

# Automatización de una Incubadora Solar

<sup>1</sup>Gallardo Villanueva Miguel René, <sup>1</sup>Maria Elena Campos Osorio,  
<sup>1</sup>Girón Cardoz Nubia, <sup>1</sup>Díaz Ocampo Miguel Ángel,  
<sup>1,2</sup>Del Valle Soberanes Benigno Alejandro, <sup>3</sup>P. Joseph Sebastian.

<sup>1</sup>Ingeniería en Sistemas Computacionales, Comunicación y Electrónica, Facultad de Ingeniería,  
Universidad Fray Luca Paccioli  
Zarco No. 8 Centro, Cuernavaca Mor.  
Tels: (01777) 312 1054 y 312 1055

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) Chihuahua, Chihuahua

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Energía (CIE-UNAM) Temixco, Morelos  
e-mail: [bavs@cie.unam.mx](mailto:bavs@cie.unam.mx)

## Resumen

*Existe gran necesidad de incubación de huevos entre los pequeños productores, los cuales buscan una solución al conseguir incubadoras de pequeña capacidad a precios muy elevados, con el inconveniente de no contar con respaldos de energía y ni tener dispositivos electrónicos. Por esta razón, el objetivo es incidir en el mercado de incubadoras, diseñando y construyendo incubadoras con controles electrónicos, de pequeña capacidad (60-100 huevos) y modulares para que vayan creciendo con las necesidades del usuario.*

*Para ello se deben de controlar parámetros que son esenciales para la generación de una atmósfera buena en el sistema. Lograr una temperatura aproximada de 38 °C en la cámara de incubación. La humedad relativa debe ser superior al 50%. Los huevos deben de modificar su posición a lo largo de todo el proceso, por menos los primeros 17 días, con la finalidad de que el plasma no se pegue con el cascarón. Por último se necesita de una buena oxigenación en la cámara de incubación. Todo esto es con la finalidad de garantizar un ambiente óptimo para el proceso de la incubación de los huevos de gallina. Además de contar con una fuente de energía solar para evitar pérdidas en el proceso.*

**Palabras clave:** Palabras que por si mismas dan idea del tema o área del artículo. Usar letras de tipo new roman, normal de 10 puntos.

## 1. Introducción

Existe en la región una gran necesidad de incubación de huevo a pequeña escala entre un gran número de pequeños productores. Actualmente se pueden conseguir en el mercado incubadoras de pequeña capacidad a precios muy elevados y con el

inconveniente de no contar con respaldos de energía, además de no contar con dispositivos electrónicos. Por esta razón, el objetivo de este prototipo es el de incidir en el mercado de incubadoras, diseñando y construyendo incubadoras con controles electrónicos de pequeña capacidad (60-100 huevos), modulares para que vayan creciendo con las necesidades del usuario.

En 1922, el norteamericano Petersine construye una incubadora eléctrica, lo que provoca un mayor desarrollo de la técnica de incubación artificial. Actualmente las incubadoras son más grandes y más eficientes, y los factores como la temperatura, humedad relativa, ventilación y volteo periódico de los huevos se regulan mediante dispositivos electrónicos, por lo que predomina el empleo de la energía eléctrica para su funcionamiento.

## 2. Aspectos Físicos en el Proceso de Incubación

El proceso de incubación, bien se realice de modo natural (mediante una gallina clueca) o bien, se haga mecánicamente en incubadoras; requiere del cumplimiento de ciertas condiciones físicas. Entre estas condiciones se encuentran temperatura, humedad relativa, presión, densidad, iluminación y ventilación.

La temperatura que es el factor físico más importante en todo proceso de incubación, se recomienda dentro del rango 37°C - 38°C, dependiendo del tipo de incubadora, humedad relativa del aire y composición del aire, para obtener la más alta incubación [1].

De acuerdo con las indicaciones del Centro de Investigación Agrícola Nacional de Beltsville, Maryland, Estados Unidos, la temperatura mínima en la incubación es de 38.5°C

con 60 % de humedad relativa del aire y cuando la concentración de oxígeno es del 21 %, la del bióxido de carbono contenido en el aire es inferior al 0.5% y el movimiento del aire a través del exterior de los huevos se aplica con una velocidad de 0.13 m/min [2].

La humedad relativa en el interior de la incubadora puede oscilar más que la temperatura sin que repercuta en la incubación de los huevos, pero existe un margen dentro del cual se consiguen mejores resultados. Como se mencionó anteriormente, dentro de la incubadora la humedad relativa óptima es del 60 al 65% para una temperatura de 38°C hasta el dieciochoavo día; un aumento o disminución en estos valores trae como consecuencia el adelanto o retraso en el periodo de incubación, provocando que los pollos nazcan más pequeños. En los dos últimos días la humedad relativa puede alcanzar desde el 70 al 80% [3]. La ventilación es otro de los factores importantes para obtener mejores incubaciones, ya que el bióxido de carbono y otros gases que se generan debido al metabolismo del embrión, deben desalojarse constantemente para mantener un adecuado equilibrio en la interacción de los gases.

Datos experimentales indican que: mil huevos necesitan alrededor de 8.2 metros cúbicos de oxígeno durante los 21 días de incubación y producen aproximadamente 4.3 metros cúbicos de bióxido de carbono; pero el intercambio de gases aumenta conforme se desarrolla el embrión, por lo que se requiere de al menos 12 cambios de aire por hora en la incubadora.

También se ha encontrado que para una incubación óptima, el aire debe contener aproximadamente el 21 % de oxígeno y entre 0.3 a 0.7% de bióxido de carbono. La ventilación es especialmente importante en la última semana del período de incubación, ya que en este tiempo es cuando los embriones consumen grandes cantidades de oxígeno y producen al mismo tiempo igual cantidad de anhídrido carbónico.

El volteo ó cambio de posición del huevo durante la incubación tiene una influencia decisiva sobre la mortalidad del embrión. Las pruebas experimentales indican que volteando los huevos más de ocho veces al día se obtiene un aumento en la eficiencia.

El volteo de los huevos es indispensable para conseguir que la cubierta de albumen que rodea la yema se interponga entre ella y la membrana del cascarón, ya que si el huevo permanece en una sola posición por muchos días, puede tener lugar cierto grado de evaporación del agua contenida en las sustancias que conforman el interior del huevo, con lo que la clara puede permitir al punto del germen de la yema, que se

adhiera al cascarón y se destruya. Como dato adicional se ha observado que la gallina en el nido, adoletea los huevos repetidas ocasiones cada día, cada vuelta hace que la clara espesa o albumen se interponga entre el embrión y la membrana del cascarón.

Los valores indicados para cada uno de los factores que influyen durante todo el período de incubación (21 días) se presenta en la tabla 1 [4].

Días de incubación	Temperatura (°C)	Humedad relativa	Tiempo de volteo
1 -19	38	60 - 65	cada 4 hrs.
19 -21	38	70 - 80	0

**Tabla 1 Valores para los factores que intervienen durante todo el período de incubación (21 días).**

## 2.1. Otros Aspectos Relevantes

Las condiciones y características que se deben satisfacer durante el periodo de incubación completo, son elementos que siempre se deben considerar cuando se propone algún modelo de incubadora.

Al adoptar el método artificial para la incubación se deben tener presente consideraciones, como son:

- La incubadora debe contar con un buen aislamiento térmico para que su temperatura se mantenga constante y uniforme en su interior; además, debe construirse previendo la minimización de gasto de mantenimiento.
- Para que la incubadora funcione eficientemente, debe contar con dispositivos que controlen la temperatura, ventilación y con mecanismos que efectúen el movimiento de los huevos con la periodicidad adecuada.
- El espacio y la altura, la facilidad de limpieza y desinfección, así como la movilidad de la incubadora, son recursos que también deben ser considerados para obtener una mayor eficiencia de la máquina.
- El suministro de energía para el funcionamiento de las incubadoras debe ser constante. Tradicionalmente la energía necesaria se ha obtenido a través de carbón, gas o electricidad. La elección depende de la disponibilidad del recurso en la localidad donde se instala el dispositivo.
- En la mayoría de las incubadoras el recurso energético se logra por medio de corriente eléctrica que se suministra a una resistencia y entonces transferir el calor producido a la cámara donde se colocan las bandejas con los huevos para su incubación.

El sistema de calentamiento, humidificación, movimiento de los recipientes contenedores de los huevos, así como controles especiales del sistema eléctrico y del respaldo energético, se realizaron electrónicamente.

Por otra parte, para la incubadora con sistema de aislamiento térmico se llevó a cabo empleando diversos materiales de baja conductividad térmica, pero además de ello, teniendo un costo económico bajo. La caracterización del prototipo de la incubadora se realizó mediante un sistema de adquisición de datos, el cual consta de un DB-525 V4 Handy Log que es una interfase de computadora, una computadora. Se hicieron mediciones cada 3 segundos de los 8 sensores de temperatura, 7 adentro de la incubadora para sensar las temperaturas en diferentes posiciones de la misma, tres de ellos en la parte superior (T2,T3,T4), uno en la parte central (T5) el cual se considera el sensor de temperatura media y de control del sistema, los otros tres (T6,T7,T8) en la parte inferior de la incubadora. Mientras que (T1) es utilizado para sensar la temperatura ambiente a la cual está expuesta la operación de la incubadora.

### 3. Diseño de la Incubadora

En el presente diseño de una incubadora fotovoltaica, se han considerado diversos sistemas para garantizar el adecuado funcionamiento de ésta. La cámara de incubación consta de los siguientes sistemas:

- ✓ Sistema de movimiento
- ✓ Sistema de aislamiento térmico
- ✓ Sistema de calentamiento de la cámara.
- ✓ Sistema eléctrico
- ✓ Sistema de respaldo energético
- ✓ Sistema fotovoltaico

#### 3.1 Sistema de Movimiento

Es necesario que el huevo sea conservado en la posición correcta durante la incubación y voltearlo regularmente. Los huevos en incubación artificial deben ser colocados con la base (extremo ancho) hacia arriba (ver figura No 2). Los huevos no deben voltearse en círculo porque esto provoca la ruptura del saco alantoideo y después la muerte embrionaria. Por lo tanto, los huevos son volteados a una posición de 45° respecto a la vertical.

#### 3.2 Sistema de Humidificación

La humedad relativa abajo del 40 % y arriba del 80 %, hacen decrecer la incubabilidad y ocasionan la producción de pollos más chicos. La alta humedad relativa acelera y la humedad baja retarda el desarrollo del embrión.

La humedad relativa se determinó mediante las temperaturas registradas en los termómetros de ampollita húmeda y de ampollita seca. El correspondiente termómetro de ampollita seca registra la temperatura normal conocida en el aire. El termómetro de ampollita húmeda es un termómetro ordinario en el que la ampollita ha sido cubierta con un pabilo mojado (ver figura No. 4). De esta manera cuando el aire es forzado alrededor de la ampollita y el pabilo, se presenta un efecto enfriador producido por la evaporación; y entre más se enfríe, más bajara la lectura de la temperatura de la ampollita húmeda.

#### 3.3 Sistema de Calentamiento

El sistema de calentamiento se lleva a cabo mediante una resistencia plana adaptada de tal manera que sobre ésta circule aire impulsado por el ventilador (ver figura No. 5) y se dirija hacia el sistema de humidificación para garantizar así una humedad homogénea dentro de la cámara de incubación.

#### 3.4 Sistema de Ventilación

Los principales componentes del aire son: oxígeno (O<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O); en el proceso de incubación es importante el paso libre de éstos a través de los poros del cascarón y sus membranas; el embrión en desarrollo debe tener un aporte constante de oxígeno y eliminar el bióxido de carbono y humedad.

### 4. Diseño de los sistemas de control electrónico

La automatización de la incubadora utilizo como elemento principal un microcontrolador el cual fue el PICAXE-18. De inicio explicaremos a grandes rasgos que es un microcontrolador para después explicar en que consiste el sistema picaxe.

El microcontrolador PIC (microcontrolador programable) es a menudo descrito como una "computadora en un chip". Es un circuito integrado que contiene memoria, unidades procesadoras y circuitos de entrada/salida, en una sola unidad.

Los microcontroladores son comprados en "blanco" y luego programados con un programa específico de control. Una vez programado, este microcontrolador es introducido en algún producto para hacerlo más inteligente y fácil de usar. A

manera de ejemplo, un horno de microondas puede utilizar un solo microcontrolador para procesar información proveniente del teclado numérico, mostrar información para el usuario en la pantalla y controlar los dispositivos de salida (motor de la mesa giratoria, luz, timbre y magnetrón). Un microcontrolador puede a menudo reemplazar a un gran número de partes separadas, o incluso a un circuito electrónico completo. Algunas de las ventajas obtenidas con el uso de microcontroladores en el diseño de productos son:

- Aumento en la confiabilidad debido al menor número de partes
- Reducción en los niveles de existencia ya que un microcontrolador reemplaza varias partes
- Simplificación del ensamblaje del producto y productos finales más pequeños
- Gran flexibilidad y adaptabilidad del producto ya que las funciones del producto están programadas en el microcontrolador y no incorporadas en el hardware electrónico
- Rapidez en modificaciones y desarrollo del producto mediante cambios en el programa del microcontrolador, y no en el hardware electrónico

Algunas de las aplicaciones que utilizan microcontroladores incluyen artefactos domésticos, sistemas de alarma, equipo médico, subsistemas de automóviles y equipo electrónico de instrumentación. Algunos automóviles modernos contienen más de treinta microcontroladores utilizados en una amplia variedad de subsistemas desde el control del motor hasta el cierre a control remoto.

El sistema "PICAXE" es un sistema de microcontrolador fácil de programar que utiliza un lenguaje BASIC muy simple, el cual la mayoría de los estudiantes pueden aprender rápidamente. El sistema PICAXE explota las características únicas de la nueva generación de microcontroladores de bajo costo FLASH. Estos microcontroladores pueden ser programados una y otra vez sin la necesidad de un costoso programador PIC.

El poder del sistema PICAXE radica en su sencillez. No necesita de ningún programador, borrador o complejo sistema electrónico el microcontrolador es programado (con un simple programa en BASIC o un diagrama de flujo) mediante una conexión de tres alambres conectada al puerto serie del ordenador. El circuito operacional PICAXE utiliza únicamente tres componentes y puede ser ensamblado fácilmente en un tablero experimental para componentes electrónicos, en una placa corriente o en una placa PCB. El sistema PICAXE-18 provee 8 salidas y 5 entradas:

- bajo costo, circuito de fácil construcción
- hasta 8 entradas, 8 salidas y 4 canales analógicos

- rápida operación de descarga mediante el cable serial
- Software "Editor de Programación" gratuito
- lenguaje BASIC simple y fácil de aprender
- editor de diagramas de flujo incluido
- puede ser programado también mediante el software "Crocodile Technology"
- extenso número de manuales gratuitos y foro de apoyo en línea
- tablero experimental tutorial y tutoriales incluidos

El picaxe seleccionado para nuestro caso fue el PICAXE-18, figura 1 debido por que nos proporciona un número de entradas y salidas de información acorde a nuestras necesidades.

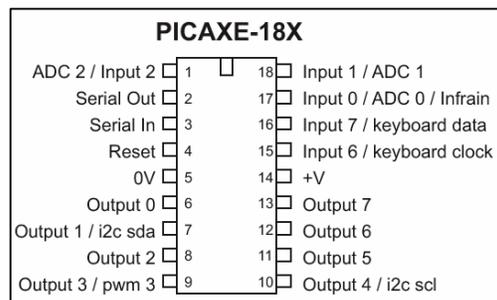


Figura 1. PICAXE 18X

A continuación presentamos la función de cada pin del picaxe 18-x dentro del sistema de automatización de la incubadora.

### Entradas

Fotorresistencia (pin # 1). Según lo comentado anteriormente, los embriones que se mantiene con luz las 24 horas del día se desarrollan más grandes, por lo que es necesario que la incubadora cuente con un sistema automático de iluminación; que se encienda cuando el nivel de luz sea bajo (esto puede ser en las noches, o en los días nublados); el pin # es una entrada analógica lo que facilita la lectura directa de la resistencia, así que por medio de la fotorresistencia nosotros podemos medir el nivel de luz por lo tanto verificaremos si la luz se encuentra en un nivel aceptable de iluminación de lo contrario encenderemos un sistema de iluminación.

Sensor de temperatura (pin # 16). En este pin tenemos conectado un sensor digital de temperatura, este sensor mide la temperatura dentro de la incubadora la cual debe oscilar entre 38° C +- 1°C, de tal forma que cuando la temperatura medida por el sensor sea diferente a la requerida, se apagará o encenderá el sistema que proporciona calor a la incubadora.

Sensor de humedad (pin#). Debido a que la humedad relativa representa un punto crítico

dentro del buen crecimiento de los embriones, este sensor nos asegura que la humedad relativa dentro de la incubadora este siempre en  $60\% \pm 10\%$ , encendiendo la bomba de agua y haciendo circular agua por la fibra aspe cuando se necesite.

Input 1 (pin #17), input 2 (pin #18). La entrada # combinada con la entrada # dan una combinación de 4 estados lógicos, los cuales dan lugar a 4 opciones diferentes del tiempo en que las charolas giran; esto con la finalidad de que los embriones no se adhieran al cascaron; la tabla de verdad que resulta de estas entradas es la siguiente en ella también presentamos la opción de tiempo que representa cada combinación.

### Salidas

Motor de movimiento de charolas (pin # 6).- Este responde a la combinación de las input y me mueve según estos cada 2,3,4,5 o 6 horas y hace girar las charolas 2 veces con un ángulo de  $45^\circ$ .

Lámpara (pin # 7).- Enciende cuando el nivel de luz detectado por la fotorresistencia es bajo.

Bomba de agua (pin # 8).- Se enciende cuando humedad relativa dentro de la incubadora es menor al  $60\% \pm 10\%$ .

Ventilador (pin # 9).- Se enciende al encender la bomba de agua.

La placa fue diseñada en el programa Ares profesional, la siguiente imagen es un diagrama de la placa final del sistema, figura 2.

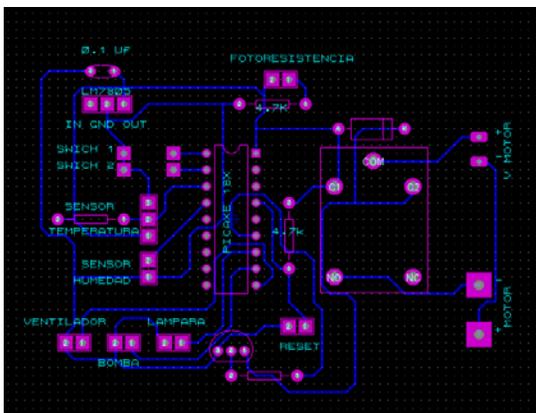


Figura 2. Diagrama del sistema de control

## 5. Resultados

Se presenta un análisis eléctrico y energético de una incubadora operada con corriente continua, desde un banco de baterías debidamente dimensionado. Se presenta las ventajas y desventajas de este tipo de equipo y sobre todo, las

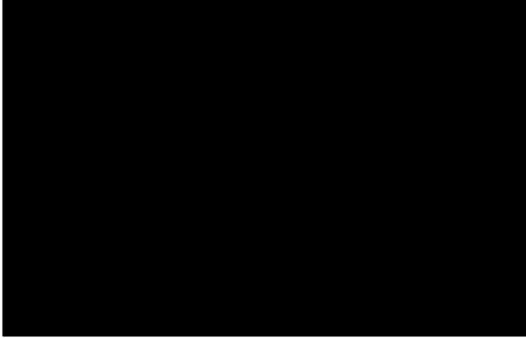
comparaciones entre una incubadora tradicionalmente construida de madera y otra empleando materiales aislantes; en ambos casos los datos son obtenidos desde un equipo DB-Lab 3.0 y posteriormente procesados para su análisis.

Los resultados que se presentan son de la caracterización eléctrica y energética del sistema. Se deben de controlar los siguientes parámetros, los cuales son esenciales para la generación de una atmósfera buena en el sistema. Logrando una temperatura en la cámara de incubación lo más estable a los  $38^\circ\text{C}$ . La humedad relativa presente en el sistema debe ser superior al 50%. Por otra parte, los huevos deben de modificar su posición a lo largo de todo el proceso, al menos los primeros 17 días, ello es con la finalidad de que el plasma no se llegue a pegar con el cascarón. Por último se necesita garantizar la existencia de un buen porcentaje de oxígeno en la cámara de incubación. Lo anterior es con la finalidad de garantizar un ambiente óptimo para la realización del proceso de la incubación de los huevos de gallina.

También hay que garantizar la presencia de una fuente de energía ininterrumpible para evitar pérdidas de temperatura en la cámara. La manera usual para la construcción de una incubadora, comúnmente es la utilización de materiales pesados, una muy baja eficiencia en los sistemas de aislamientos térmicos, uso de corriente eléctrica alterna; además de contar con una máquina diesel o gasolina como un sistema de respaldo energético, para el supuesto caso de que se interrumpa la energía del tendido eléctrico convencional, como generalmente ocurre.

La primera parte de los resultados, es la caracterización de una incubadora tradicionalmente construida de madera; la cual debido a las limitantes del material empleado en el diseño para propósitos de aislamiento, provoca que la cantidad de energía necesaria para mantener a la temperatura necesaria el proceso de incubación sea muy grande, ello es tomando en cuenta que por las características en el diseño mismo del sistema, la energía eléctrica suministrada a la incubadora debe ser susceptible proporcionada por un módulo fotovoltaico, la cual es una energía que resulta, en nuestros días, bastante costosa, es por ello que debe ser debidamente cuantificada para su uso.

La segunda parte de los resultados es la caracterización de una incubadora construida de madera con unicel, haciendo el mismo procedimiento que la anterior los resultados fueron buenos, ya que esta resultado la optima, porque existe menos disipación de calor y por consiguiente un mayor ahorro de energía, por lo consiguiente la incubación resulto optima, figura 3.



**Figura 3. Temperaturas en el interior de la incubadora unicel – madera**

## 6. Conclusiones

Este primer prototipo de incubadora modular, se ha diseñado de forma que sea eficiente en la conversión de energía eléctrica a térmica, con ello se logra optimizar lo anterior, logrando disminuir en gran medida las pérdidas energéticas, además de hacer seguro todo el proceso de la incubación utilizando un confiable sistema de respaldo energético de corriente continua.

Con el trabajo desarrollado es posible fabricar una incubadora para pollos mucho más confiable y autónoma. Los materiales seleccionados presentan una durabilidad mucho mayor que los materiales de las incubadoras actuales.

El análisis de transferencia de calor ofrece condiciones de operación de costo mínimo, pues no presentan condiciones de suministro sobrados.

Se concluye que el desarrollo logrado es potencialmente aplicable para ayudar a la solución del problema de producción de pollos que pueda existir en alguna región, donde no se cuente con energía eléctrica ya que por medio de energía solar, se garantiza la sustentabilidad del proyecto.



## Referencias

- [1] Galvarini Y., “*Notas Prácticas de Avicultura Moderna*”, A.G.T. Editor, México, 1981.
- [2] Bundy C. y Diggins R., “*La Producción Avícola*”, trad.: Angel Zamora De la Fuente, México, Compañía Editorial Continental, 1981.
- [3] Funk E. y Irwin M., “*Incubación Artificial*”, trad.: Julio Colón, México. UTEHA, 1968.
- [4] Card L. y Nesheim M., “*Producción Avícola*”, trad: Dr, Pedro Ducar Mahuenda y Prof. Pascual López Lorenzo, Zaragoza España, Editorial Acribia, 1968.
- [5] Boylestand Robert, “*Electronica Teoria de Circuitos*”, Mexico, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 1989.
- [6] Schuler Charles, “*Electronica Principios y Aplicaciones*”, Barcelona, editorial Reverte, S.A. 2003