



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO Y DESARROLLO DEL MÓDULO DE
ROTACIÓN PERIÓDICA DE UNA INCUBADORA DE
HUEVOS USANDO MOTORES”**

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES

CHRISTIAN ROBERTO VERGARA MARCILLO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios, por haberme ayudado a seguir el camino que me he trazado y especialmente por haberme otorgado los padres que tengo, ya que sin ellos, sencillamente no podría ser quien soy.

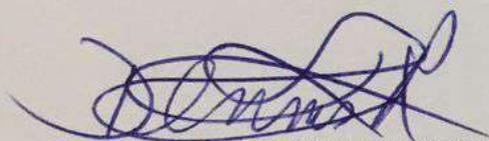
Agradezco a mis padres por todo el apoyo que me han brindado, haberme motivado a seguir y saber que todo es posible si uno se lo propone; es gracias a ellos que he podido llegar hasta aquí de manera exitosa.

Agradezco especialmente a mi familia, amigos, profesores y a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a mi formación, no solo académica, sino de manera personal.

DEDICATORIA

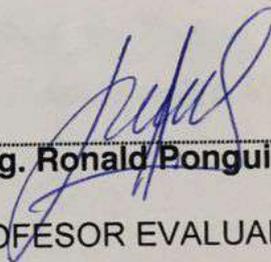
Dedico especialmente este proyecto a mi familia, por ser la base de mi formación personal y profesional.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



PhD. Dennis Romero

PROFESOR EVALUADOR



Mg. Ronald Ponguillo

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Christian R. Vergara M.

Christian Vergara Marcillo

RESUMEN

Este documento describe el proceso de desarrollo e implementación de los sistemas de rotación (volteo) y generación de humedad para una incubadora de huevos de gallina, la misma que realiza el proceso de incubación de forma automatizada mediante el uso de Raspberry Pi y su integración con sensores, motores y otros dispositivos electrónicos.

La elección del computador de placa reducida Raspberry Pi como dispositivo controlador de los sistemas de incubación se debe a su bajo costo, al igual que la mayoría de materiales seleccionados para el desarrollo de este proyecto, ya que el objetivo final es proveer a familias de bajos recursos económicos, una alternativa asequible para emprender un pequeño negocio y de esta manera les sea posible generar mejores ingresos económicos a sus hogares.

La ventaja de trabajar con Raspberry Pi, radica en su interfaz de comunicación con dispositivos externos; en el presente documento se describirá en detalle los elementos utilizados, entre los cuales tenemos, sensores de temperatura/humedad; los mismos que permiten medir y controlar la cantidad de humedad adecuada para que las aves nazcan saludablemente. El sistema de rotación de los huevos, se realiza con motores síncronos acoplados a un sistema que permite el movimiento total de los huevos; el material principal a utilizarse para la construcción de la incubadora es la madera.

El sistema de incubación es automatizado con las variables presentes en el mismo, la humedad, el tiempo de volteo, y la temperatura, son parámetros que serán utilizados para controlar las operaciones necesarias para simular un ambiente de incubación limpio, en donde las crías de gallina puedan nacer de manera controlada.

Para el desarrollo del presente proyecto se ha utilizado la metodología SCRUM, ya que permite un trabajo grupal ágil, con la presencia de hitos o metas denominadas Sprints, en donde se presentaban avances relevantes desarrollados en el periodo de un mes en base a la planificación establecida al inicio del desarrollo y construcción de los prototipos para la incubadora.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Carne de pollo como fuente de proteína	1
1.2 Producción avícola en el Ecuador.....	2
1.3 Factores que inciden en la incubación de un huevo de gallina	6
1.3.1 Rotación o Volteo de los huevos durante el periodo de incubación	6
1.3.2 Humedad relativa dentro del sistema de incubación.	7
1.4 Incubadoras como impulso socio-económico a núcleos familiares ..	8
CAPÍTULO 2.....	9
2. ANÁLISIS, METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL MÓDULO DE ROTACIÓN PERIÓDICA DE UNA INCUBADORA DE HUEVOS USANDO MOTORES.....	9
2.1 Tecnologías y componentes utilizados	10
2.2 Descripción de los componentes utilizados	10
2.2.1 Raspberry Pi 2 modelo B.....	10
2.2.2 Adaptador wifi para Raspberry Pi Canakit	11
2.2.3 Sensores de temperatura/humedad DHT11 Adafruit.....	11
2.2.4 Motores Síncronos de 110 V AC	12
2.2.5 Módulos de Relay	13
2.2.6 Borneras (Conexiones entre la RPi y placa).....	14

2.2.7	Humidificador de Celda Ultrasónica	14
2.2.8	Ventiladores de 12 V DC	14
2.3	Metodología para la construcción de prototipos.....	15
2.4	Descripción de los sistemas.....	15
2.4.1	Sistema de Rotación y Volteo de Huevos.....	15
2.4.2	Sistema de Generación y Control de Humedad	20
CAPÍTULO 3.....		24
3.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	24
3.1	Implementación de Hardware del proyecto	24
3.2	Estructura final de los prototipos	24
3.3	Detalle de los pines de interfaz GPIO de Raspberry utilizados	26
3.3.1	Pin 2 (5 V DC)	26
3.3.2	Pin 6 (GND)	26
3.3.3	GPIO 4 y GPIO 17	26
3.3.4	GPIO 22 y GPIO 27	26
3.3.5	GPIO 24.....	27
3.3.6	GPIO 25.....	27
3.4	Circuito Electrónico de los Prototipos.....	27
3.5	Implementación de Software.....	29
3.5.1	Funcionamiento de prototipos con Raspberry Pi	29
3.5.2	Almacenamiento de información con MySQL.....	30
3.5.3	Visualización web del sistema	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		33
BIBLIOGRAFÍA.....		36
ANEXOS.....		38

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Carne de pollo como fuente de proteína

La alimentación de los seres humanos debe incluir la ingesta de alimentos ricos en carbohidratos, proteínas, azúcares y grasas, en un balance que mantenga el equilibrio nutricional del organismo. La carne de pollo o gallina se ha visto incluida como uno de los principales alimentos en los ecuatorianos ya que es una fuente alta de proteína y de fácil obtención. Es por esto que la ingesta de este tipo de carne se ha incrementado en los últimos años y por lo tanto ha generado un incremento en su producción a niveles industriales [1] en los denominados “planteles avícolas”.

Sin embargo, al igual que su producción, el costo del proceso que conlleva obtener crías de este tipo de aves se ha visto incrementado, debido al costo de alimentación de las aves de corral. Los alimentos principalmente utilizados para alimentar a las aves en producción comercial son: maíz, soya, productos derivados del trigo, aceite de palma, entre otros [2].

Este tipo de ave visto de forma comercial es denominado “pollo de engorde” debido al propósito de la alimentación que recibe, en la cual, su tiempo de incubación y crecimiento se ha visto modificado genéticamente con el pasar de los años. Las técnicas de producción y alimentación han sido alteradas con el propósito de acelerar este proceso y así obtener aves de mayor peso en tiempos relativamente cortos. Este tipo de pollo es el que se produce en los planteles avícolas, los cuales se dedican exclusivamente a la avicultura de manera comercial, tanto en la producción de huevos a escala masiva, como en la obtención de carne de pollo o gallina.

La carne de pollo o gallina a diferencia de otros alimentos se ha convertido en uno de los más comercializados a nivel mundial, ya que su ingesta ayuda al crecimiento muscular y desarrollo del mismo. Esta carne contiene un 20% de

proteínas, semejante a la carne de res, además de proporcionar al organismo minerales esenciales como calcio, hierro, zinc, fósforo, magnesio, sodio y potasio, al igual que vitaminas A, B1, B2, B3, C y Ácido fólico, las cuales contribuyen a un correcto funcionamiento cerebral.

Uno de los beneficios del uso de la Incubadora que se plantea en este documento es la producción de crías de pollo o gallina con bajos costos de inversión, además, al ser crías que han sido obtenidas naturalmente de ejemplares de gallinas criollas, y el proceso realizado sin ningún tipo de químicos, la carne que se consumirá una vez los pollos o gallinas hayan crecido (si han sido alimentados correctamente), su carne, será lo más natural posible, sin ningún tipo de riesgo para el organismo.

1.2 Producción avícola en el Ecuador

De acuerdo a la información del el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos – INEC, en la categoría Encuestas Agropecuarias [3], a continuación se muestra información con respecto a la tendencia de producción de aves de corral: pollo, polla y gallina; en donde ambas representan la producción avícola a nivel nacional desde el año 2009 al año 2012.

En los gráficos se muestra una diferencia entre la producción de este tipo de animales en zonas rurales (campo) y en planteles avícolas (empresas); es necesaria esta distinción, ya que la cantidad de producción y el destino o propósito difieren.

De acuerdo a la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria ESPAC-2012 [3] se tiene lo siguiente (Figura 1.1):

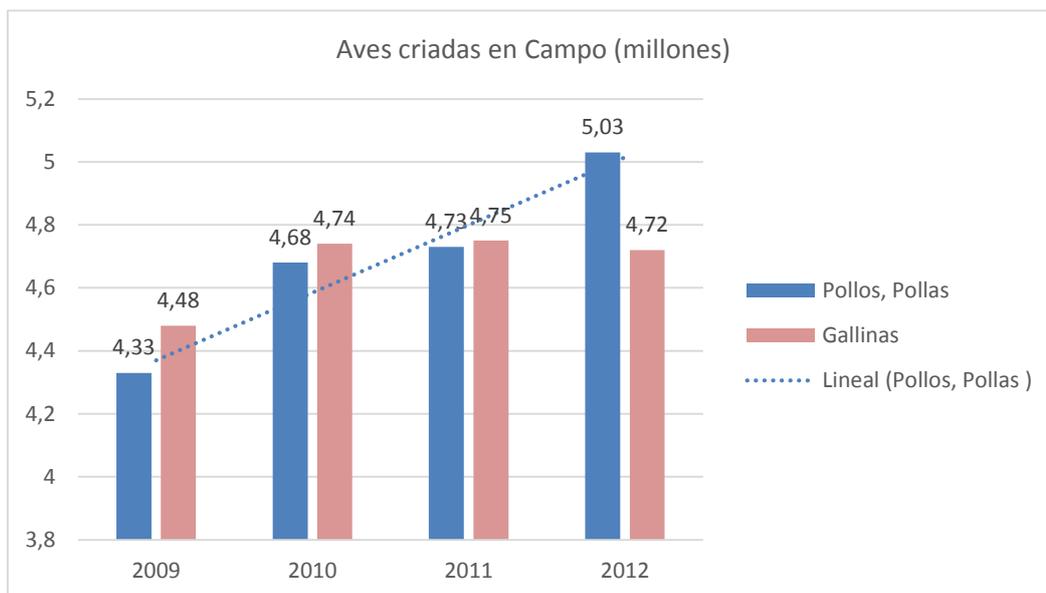


Figura 1.1: Cantidad (en millones) de aves criadas en campo desde el 2009 al 2012 (Tendencia en la producción) [3]

A continuación se aprecia el mismo estudio pero realizado en planteles avícolas, en donde se observa una notoria diferencia entre la cantidad de producción, ya que las empresas dedicadas a la avicultura crían estas aves de forma masiva, para abastecer la demanda nacional de este tipo de alimento.

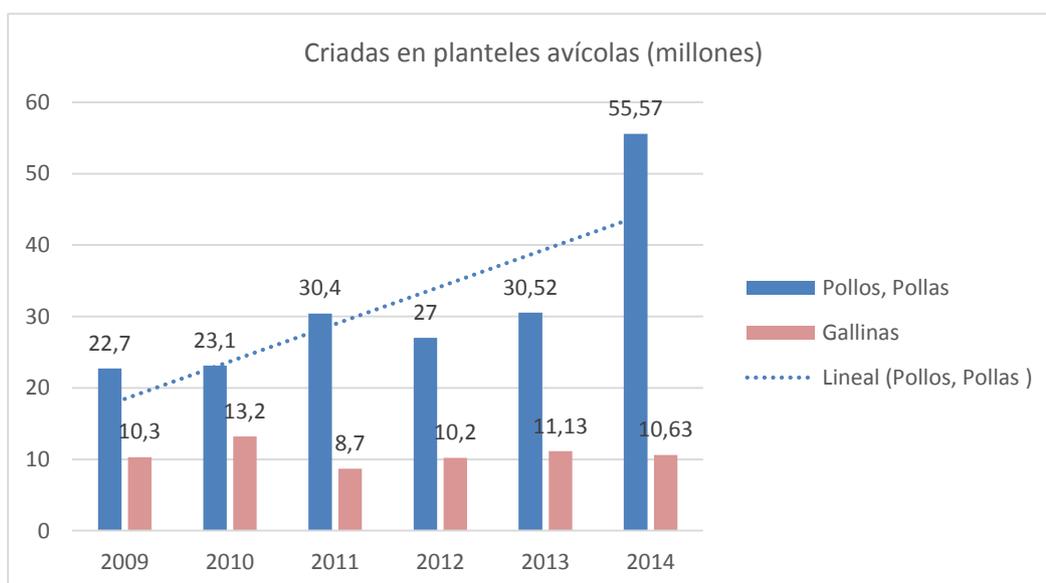


Figura 1.2: Cantidad (en millones) de aves criadas en campo desde el 2009 al 2012 (Tendencia en la producción) [3]

De acuerdo a la Figura 1.1 y 1.2 hay diferencias en la cantidad y en los tipos de producción, es decir, los planteles avícolas generan una mayor producción ya que se orientan exclusivamente al sector comercial; en relación a este mismo enfoque, la producción en zonas rurales (campo), es orientada al propio consumo de las personas que realizan este trabajo, u orientado de forma comercial, pero a una escala mucho menor que la de los planteles avícolas.

También difieren en el tipo de ave que producen, en las zonas rurales, los pollos, pollas y gallinas, son vistos de igual manera para el consumo, sin embargo, esto no ocurre a nivel industrial, ya que en esta área, las gallinas son denominadas “gallinas ponedoras”, y cuyo fin, es el de producir huevos que también están orientados a nivel comercial. Su proceso, involucra otras técnicas que han sido mejoradas con los años (con mejoras genéticas y de alimentación) para producir huevos distintos a los que produciría una gallina criolla, o gallina de campo.

Sin embargo, en ambos gráficos, se aprecia que la producción avícola ha crecido a lo largo de los años. A continuación se realiza un contraste con los datos obtenidos por el INEC [4] en el año 2014 para este mismo análisis.

La Figura 1.3 muestra el gráfico de producción avícola en zonas rurales (campo), y la producción avícola en planteles dedicados a este propósito.

De acuerdo a la Figura 1.3 y Figura 1.4 se puede observar que se registraron 10,63 millones de gallinas criadas en planteles avícolas; mientras que, en campo se registraron 5,25 millones, lo que ratifica la tendencia de crecimiento en el consumo de este tipo de carne a nivel nacional, y de los cuales existen dos propósitos para realizar esta producción: autoconsumo y a nivel comercial. En ambos propósitos, se persigue, con la construcción de un producto que permita incubar una cantidad de huevos considerable, la generación de recursos económicos en núcleos familiares, sea este si se realiza para autoconsumo o para comercializar este tipo de aves de corral; o si se ve a este prototipo como un impulso para generar una microempresa.

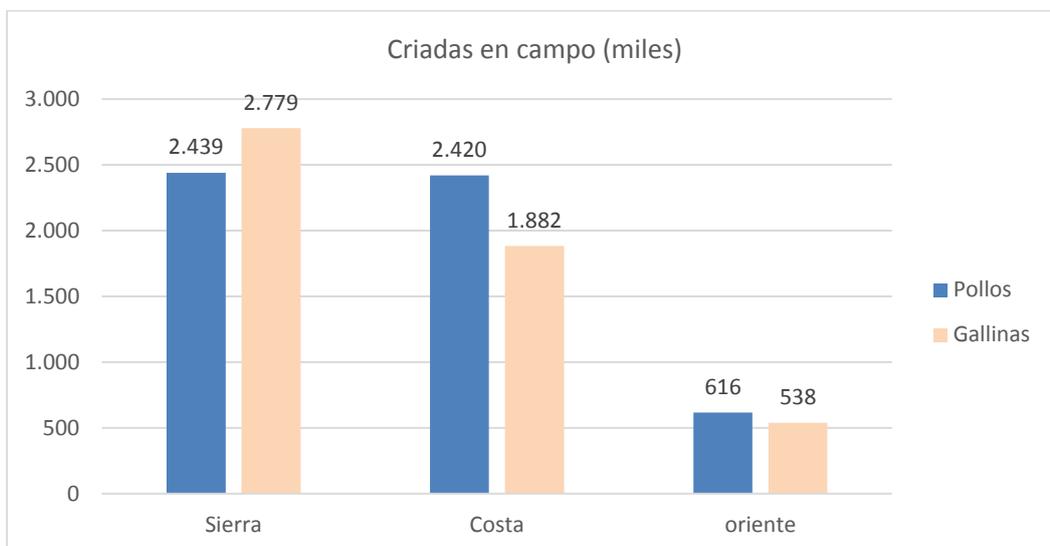


Figura 1.3: Cantidad (en miles) de aves criadas en campo durante el año 2014 (División por sectores) [4]

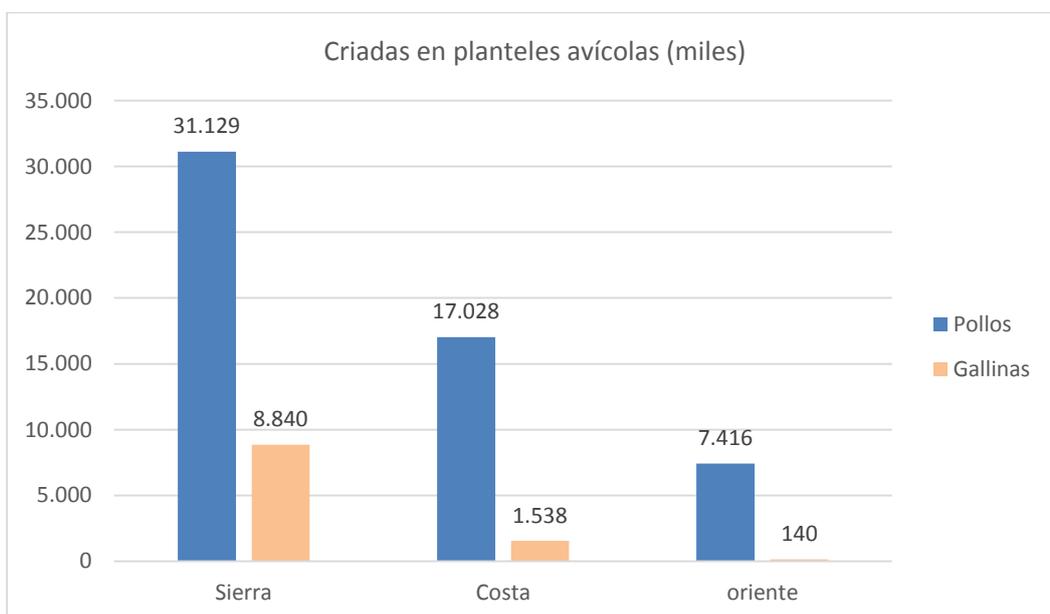


Figura 1.4: Cantidad (en miles) de aves criadas en planteles avícolas durante el año 2014 (División por sectores) [4]

1.3 Factores que inciden en la incubación de un huevo de gallina

Existen cuatro factores importantes que inciden en la incubabilidad [7] de un huevo de gallina, los cuales son:

- Temperatura
- Ventilación
- Rotación, Movimiento o Volteo de los huevos
- Humedad

El enfoque del presente proyecto es desarrollar o construir los prototipos que cumplan con las condiciones para satisfacer los dos últimos factores de incubación.

1.3.1 Rotación o Volteo de los huevos durante el periodo de incubación

Los huevos para su correcta incubación necesitan ser movidos o volteados cada determinado tiempo, con el fin de que las estructuras internas del embrión no tomen posiciones defectuosas que resulten en deformaciones o adherencias con las membranas que lo rodean. En la incubación natural, la gallina se encarga de realizar este volteo cada cierto tiempo.

El volteo es importante para que se complete la formación de las membranas de la vesícula vitelina y los vasos sanguíneos, de igual manera, para eliminar el calor metabólico y poder suministrar nutrientes a los órganos extraembrionarios.

El correcto volteo de los huevos afecta directamente la formación del líquido subembrionario, el agua del albumen se mueve hacia la yema, ocasionando la división en fases lipídicas y acuosas un proceso que es importante para la eclosión, si solo se realiza el volteo en una dirección, es posible que exista ruptura en los vasos sanguíneos y la yema; por lo tanto es necesario un correcto mecanismo que permita el giro en ambos sentidos.

El giro de los huevos debe ser mantenido para alcanzar un ángulo en una vertical imaginaria de 45° [5].

Este factor es esencial durante los primeros días, en especial las dos primeras semanas de incubación, ya que este factor es importante hasta el día 19-20 de incubación, día en el cual, los huevos deben ser transferidos a la nacedora, en donde el giro o volteo de los huevos, ya no es relevante.

La posición en que se ubica a los huevos para realizar el giro incide directamente en la posición que adoptarán los pollitos al momento de la eclosión, esta posición es determinada luego de las 36-48 horas de ubicación de los huevos en las bases de incubación, ya que a partir de este momento el embrión descansará sobre la yema de manera transversal. Con el transcurso del tiempo de incubación, la cabeza del pollito se separará del embrión para dirigirse hacia la cámara de aire presente dentro del huevo [6].

La cantidad de veces sugerida que los huevos deben ser volteados al día es de 6 o más veces al día, para el presente proyecto, se ha elegido realizar esta rotación 6 veces por día [7].

1.3.2 Humedad relativa dentro del sistema de incubación.

La Humedad Relativa (HR) en un sistema se mide como la relación entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire, comparado con la que el aire puede mantener a una temperatura dada.

La Humedad en el proceso de incubación es de vital importancia ya que el huevo durante este proceso pierde agua, es decir, se deshidrata, y esto incidiría directamente en que el embrión se adhiera a las membranas internas de la cascara del huevo y provoque la muerte del mismo.

La Humedad Relativa adecuada para que la incubación artificial de un huevo de gallina pueda ser realizada con éxito debe tener valores entre 50 - 60% dentro del sistema de incubación. Es necesario el desarrollo de un sistema que permita diseminar el vapor de agua por todos los huevos presentes en la cámara de incubación.

La pérdida de agua en los huevos es inevitable y surge debido a los factores propios del sistema (como la temperatura), es por esto que es necesario dirigir un suministro de humedad que permita la disminución de esta pérdida de agua. En la nacedora, es necesario incrementar el porcentaje de humedad relativa presente, de 50-60% al 75-80%, con el fin de facilitar el reblandecimiento de las membranas presentes en la cascara y con ello la desintegración de la misma [7].

1.4 Incubadoras como impulso socio-económico a núcleos familiares

Uno de los propósitos para el desarrollo de un prototipo que simule la incubación natural, es generar una fuente de ingreso económico adicional para las familias o personas que se dedican única y exclusivamente a la producción de huevos de gallina, y que no poseen los medios o recursos necesarios para incubar estos huevos y de esta manera, poseer más crías que les permitan expandir sus ingresos económicos. Además, por motivos naturales, una gallina puede incubar hasta 10 huevos, es por esto que una de las ventajas del prototipo de incubadora que se detalla en el presente documento es que permite incubar entre 40 y 50 huevos.

Viendo el prototipo desde este punto de vista, es posible enfocar su uso a un medio que impulse el desarrollo de una microempresa, ya que con una inversión inicial relativamente baja, es posible obtener crías de pollos o gallinas en poco tiempo, además, como vimos en el inciso anterior, los planteles avícolas (empresas) son quienes más producen este tipo de aves para consumo humano.

Este prototipo de incubadora ha sido construido y desarrollado con dispositivos electrónicos y materiales de bajo costo, se ha tenido rigurosidad en escoger los dispositivos apropiados que cumplan con una buena relación calidad-precio, para que el producto final sea un prototipo de un precio asequible.

De acuerdo a diversos estudios realizados, es posible destacar que en el proceso de incubación se obtendrá al menos un 70% de crías en relación a la cantidad de huevos que se han puesto a incubar, es posible obtener entre un 90% y 95% de efectividad si todos los factores que intervienen en el desarrollo del embrión de pollo o gallina han sido tratados correctamente.

CAPÍTULO 2

2. ANÁLISIS, METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL MÓDULO DE ROTACIÓN PERIÓDICA DE UNA INCUBADORA DE HUEVOS USANDO MOTORES.

Una alternativa como fuente de ingreso para familias de recursos económicos limitados o personas con interés en iniciar una microempresa, es la creación de una incubadora de huevos desarrollada con materiales que tengan una buena relación costo – calidad. En el presente documento se detalla el análisis y la metodología utilizada para la construcción del módulo de rotación periódica de una incubadora de huevos de gallina, el mismo que está conformado por un sistema de rotación y volteo de huevos y un sistema de generación y control de humedad.

En la actualidad la tecnología, dependiendo de cuan sofisticada se desee, es asequible en gran medida, en el mercado, los dispositivos electrónicos como sensores, motores, displays, etc., dependiendo de su calidad, parten de valores muy bajos, lo cual permite la construcción de un dispositivo capaz de simular un proceso de acuerdo a las necesidades.

El dispositivo de sistema embebido Raspberry Pi - RPi es un computador de placa reducida, que entre sus características, permite programar e integrar dispositivos electrónicos independientes mediante una interfaz compuesta de pines (General Purpose Input/Output - GPIO), los cuales, algunos de ellos pueden ser configurados como entradas o como salidas de señales. La RPi posee la característica de entregar valores de voltaje de 3.3 V y 5 V, así mismo, posee varias conexión a tierra (GND). El manejo de los dispositivos asociados dentro de RPi puede ser realizado mediante diversos lenguajes de programación, el que fue escogido por su extensa documentación para el presente proyecto es Python 2.7 en conjunto con la librería GPIO que permite realizar la conexión de los dispositivos externos con la RPi.

2.1 Tecnologías y componentes utilizados

Para la construcción de los prototipos que se describen en el presente documento se utilizaron los siguientes dispositivos electrónicos:

- Raspberry pi modelo 2
- Adaptador wifi para Raspberry Pi Canakit
- Sensores de temperatura/humedad DHT11 Adafruit
- Motores Síncronos de 110 V AC
- Módulos de Relay para Arduino (También usados por RPi)
- Borneras (Conexiones entre RPi y circuito impreso)
- Humidificador de celda ultrasónica
- Ventiladores de 12 V DC

2.2 Descripción de los componentes utilizados

2.2.1 Raspberry Pi 2 modelo B

Raspberry pi es un computador de placa reducida que permite la integración de elementos mediante su interfaz de comunicación GPIO (Figura 2.1) en la cual es posible programar uno o varios dispositivos electrónicos y realizar un prototipo de casi cualquier tamaño. Este modelo de RPi trabaja con un voltaje de 5 Volts y una corriente recomendada de 1.6 Amperios; tiene 1 GB de RAM y un procesador Quad-Core ARM Cortex-A7 de 900 MHz, 4 puertos USB, GPIO de 40 pines, puerto HDMI, puerto Ethernet, 3.5 mm Jack de audio, Interfaz de Cámara (CSI), Interfaz para Display (DSI), slot para Micro SD en donde se ha precargado el Sistema Operativo usado para este proyecto, el cual es el Raspbian Jessie con Kernel versión 4.4.



Figura 2.1: GPIO en Raspberry Pi, interfaz de conexión con otros dispositivos electrónicos [16]

La interfaz GPIO de RPi no permite comunicaciones analógicas, si se desea incorporar cualquier modulo que envíe datos analógicos, es necesario un conversor analógico – digital ADC, todos los componentes electrónicos que se incorporan a la RPi, detallados en este documento, tienen incorporado en su hardware un convertidor ADC.

Se adjunta un esquema de la interfaz GPIO con sus tipos de señales en cada pin y valores de voltaje.

2.2.2 Adaptador wifi para Raspberry Pi Canakit

El modelo de Raspberry Pi utilizado en el presente proyecto no cuenta con wifi integrado como lo tiene el modelo RPi 3. Debido a esto se le ha incorporado un adaptador USB 2.0 (Figura 2.2) que permite las conexiones a internet mediante wifi de estándares IEEE 802.11 b/g/n [17], con el fin de enviar y recibir comunicaciones desde y hacia la RPi, con velocidades de hasta 150 Mbps. El propósito general de esta incorporación es poder almacenar la información de lectura de los sensores para un posterior análisis de los resultados, y una posible implementación web para observar el proceso de incubación; adicionalmente esta comunicación permite la posibilidad de calibrar cualquier parámetro en el script de ejecución del sistema, mediante acceso a la RPi desde cualquier lugar.



Figura 2.2: Adaptador de conexión wifi Canakit [17]

2.2.3 Sensores de temperatura/humedad DHT11 Adafruit

Estos sensores permiten la detección en tiempo real de los valores de temperatura y humedad dentro de su rango de funcionamiento mediante una interfaz propietaria, utilizando paquetes de datos de 40 bits. Su lectura

se realiza mediante la librería Adafruit (propia del fabricante), la cual muestra los valores de temperatura y humedad en tipos de datos float.

Opera en un rango de 3 a 5 Volts con una corriente máxima de 2.5 mA y su alcance está en la medición de entre 20 y 90% de Humedad Relativa dentro de un sistema , con una precisión del 5%; y de entre 0 a 50° C de temperatura. El tiempo de muestreo está en el rango de 1 Hz (1 dato cada segundo). El sensor tiene un tamaño reducido con dimensiones de 15.5mm x 12 mm x 5.5 mm.

La elección de este modelo específico de sensor (Figura 2.3) radica en su costo, ya que para el propósito del proyecto es ideal en su contribución al costo total del equipo.

A pesar de que este sensor fue creado para trabajar con Arduino, en la actualidad es ampliamente utilizado por Raspberry Pi gracias a su librería Adafruit, la cual permite una fácil integración del sensor y su lectura de información con el lenguaje de programación Python.

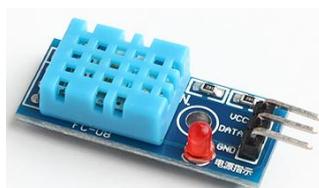


Figura 2.3: Sensor Adafruit DHT11 de temperatura y humedad [10]

2.2.4 Motores Síncronos de 110 V AC

La elección de estos motores (Figura 2.4) se debe al diseño de volteadora propuesto, a diferencia de un motor DC de 5 V, estos motores tienen más fuerza para mover una cantidad considerable de huevos (más de 20), funcionan directamente con 110 V de Corriente Continua (AC). Su control con Raspberry Pi se realiza mediante módulos Relay, los cuales permiten un encendido o apagado. Estos motores tienen una velocidad de giro de 5 a 6 revoluciones por minuto.



Figura 2.4: Motor Síncrono de 110 V AC [8]

2.2.5 Módulos de Relay

Utilizados esencialmente para controlar un dispositivo electrónico determinado, en el caso del presente proyecto, fueron los encargados de controlar el encendido y apagado de los siguientes elementos:

- 2 Motores síncronos de 110 V AC
- 1 Humidificador de Celda Ultrasónica de 24 V DC
- 2 Ventiladores de 12 V DC

La necesidad de uso de estos módulos (Figura 2.5) radica en que Raspberry Pi solo puede entregar hasta 5V DC, por lo tanto es imposible conectar directamente dispositivos que manejan valores mayores. Los módulos relay permiten controlar dispositivos por sobre este valor ya que funcionan con 5 V DC y el control lo realizan con señales; una señal en alto (OFF) o en bajo (ON) para apagar o encender un dispositivo respectivamente.

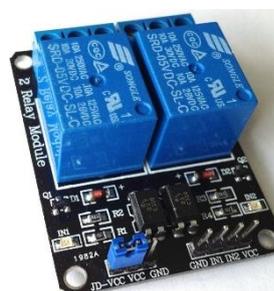


Figura 2.5: Módulos Relay utilizados

2.2.6 Borneras (Conexiones entre la RPi y placa)

Las borneras son componentes electrónicos cuya funcionalidad es conectar dos dispositivos mediante cables, son utilizadas dentro del proyecto para conectar los motores, humidificador de celda ultrasónica y ventiladores a la placa impresa del circuito y posteriormente conectar los pines de RPi al sistema para su correcto funcionamiento.

2.2.7 Humidificador de Celda Ultrasónica

Dispositivo que opera con 24 Volts AC y corrientes de entre 0.06 – 0.15 Amperios, está compuesto electrónicamente por un elemento de cerámica que vibra a frecuencias ultrasónicas para convertir el agua en vapor. Estos humidificadores (Figura 2.6) operan con frecuencias en los rangos de KHz y MHz. El que se utiliza en este proyecto opera con valores de 3 MHz, la cual forma una fina capa de agua, que se evapora rápidamente con el aire



Figura 2.6: Humidificador ultrasónico [11]

formando vapor en forma de niebla. La niebla que se genera se concentra en el recipiente en donde se almacena el agua, y a diferencia de un vaporizador con una resistencia que genera calor, la presión del gas no es fuerte por lo tanto no le permite un desplazamiento vertical de manera natural [11].

2.2.8 Ventiladores de 12 V DC

Operan con valores de entre 5 y 12 V DC y 0,13 Amperios, para el presente proyecto se han utilizado 12 Volts, su control se realiza mediante módulos de relay que se conectan a Raspberry Pi, y su programación de

encendido se realiza con el lenguaje de programación Python dependiendo de las características del sistema. El objetivo de estos ventiladores es el de introducir el vapor que es generado por el humidificador de manera forzada a las cámaras de incubación a través de ductos.

2.3 Metodología para la construcción de prototipos

La construcción de la incubadora, sigue una metodología de desarrollo realizada por módulos, en el presente documento, se describe la construcción del módulo de rotación periódica de los huevos, este módulo está a su vez conformado por un sistema de volteo de huevos y un sistema de generación y control de humedad.

El desarrollo de la incubadora por módulos permite la construcción de distintos sistemas de manera independiente, en la que cada uno realiza una determinada tarea, y pueden ser o no dependientes entre sí (señales de salida de un sistema son señales de entrada para otro sistema).

La incubadora está compuesta por dos módulos que permiten controlar los factores principales en el proceso de incubación, los cuales son:

- Temperatura
- Rotación o volteo de huevos
- Humedad
- Ventilación

Los sistemas desarrollados y descritos en este proyecto son:

- Sistema de Rotación y Volteo de Huevos
- Sistema de Generación y Control de Humedad

2.4 Descripción de los sistemas

2.4.1 Sistema de Rotación y Volteo de Huevos

De acuerdo a lo detallado en el capítulo 1 sobre la incubación de los huevos, una rotación y volteo de los mismos, de manera periódica y pre programada es importante para su correcto proceso de desarrollo interno,

ya que impide que la estructura del huevo de gallina se adhiera a la cascara y el ave nazca con alguna deformación, en esta sección se describirá en detalle el funcionamiento de este sistema, el análisis que se realizó, los problemas encontrados y la solución final.

El sistema de rotación y volteo está compuesto por dos bases de madera, las cuales tienen un soporte con divisiones para los huevos, estas divisiones fueron realizadas de acuerdo a la cantidad de huevos que se ponen a incubar, en este prototipo se han realizado 4 divisiones por base, cada división tiene una capacidad de 5 huevos, lo que da como resultado una cantidad de 20 huevos por base, 40 huevos en total por las dos bases (Ver Figura 2.7).

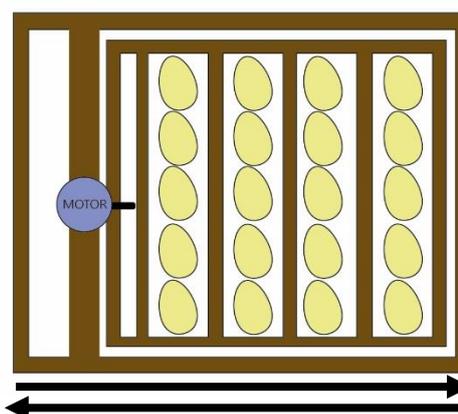


Figura 2.7: Diseño de volteadora con capacidad de 20 huevos, y dirección de movimiento [8]

Elección de los materiales utilizados

El material utilizado para la construcción de las bases y el soporte de los huevos es madera, ya que cualquier otro material no habría sido favorable para la correcta incubación. El metal concentra el calor y habría intervenido en la formación del embrión de pollo o gallina; por otra parte, el plástico, dependiendo de su estructura, con la temperatura que se suministra, tiende a descomponerse. La madera utilizada debía ser resistente, por lo tanto se eligió Roble para las bases y Fernán Sánchez para los soportes.

Funcionamiento del Sistema

El funcionamiento del sistema radica esencialmente en la rotación del motor para mover el soporte de los huevos de forma horizontal, lo que hace que los huevos se volteen [8]. La importancia en la mecánica de este sistema es girar los huevos en un determinado ángulo y esto se logra con el tiempo de giro del motor.

El movimiento horizontal se realiza gracias a un agarre que posee el motor, el cual une al cabezal del motor con el soporte de los huevos, y genera un empuje cuando el motor gira lo que genera el movimiento izquierda-derecha y viceversa (Figura 2.1). El agarre está conformado por una pieza de madera y un tornillo de 6 cm unidos a presión.

El tiempo de giro de motor se realiza por 2 o 4 segundos, esto se realiza gracias a la función sleep en Python, la cual pausa el sistema en el tiempo en que el motor empieza a girar y lo detiene a los 4 segundos, reactivando el sistema con la detención del funcionamiento del motor; este proceso se realiza 6 veces al día, dependiendo del tiempo de incubación, la programación de este proceso se realiza consultando constantemente la fecha y hora; en este caso, la fecha es importante para el tiempo de incubación, y la hora para controlar el tiempo de giro.

El tiempo de incubación inicia desde el día en que se enciende la incubadora, y lleva un conteo de los días que se mantiene el sistema encendido, esto es importante ya que la rotación y volteo de los huevos solo es importante durante las dos primeras semanas del tiempo de incubación, según lo descrito en el capítulo 1; luego debe ralentizarse hasta detenerse en el día 18 o 19 de este tiempo.

Debido a que el movimiento se realiza 6 veces al día, el giro se ejecuta cada 4 horas (24 horas que posee el día dividido para 6) y cada vez que se ejecute una rotación, esta información es almacenada en una base de datos que se ha diseñada para el sistema, la información es enviada mediante el adaptador wifi al internet. La información de giro almacenada

permite detectar fallas durante el proceso de incubación para solucionar algún problema que pueda surgir (Figura 2.9).

Dimensiones de las bases de incubación.

Las dimensiones de las bases de incubación en donde reposan los huevos tienen los siguientes valores, y puede verse gráficamente en la Figura 2.8:

Bases: 45 cm de largo x 30 cm de ancho x 6 cm de alto

Soporte de Huevos: 30 cm de largo x 25 cm de ancho x 5 cm de alto

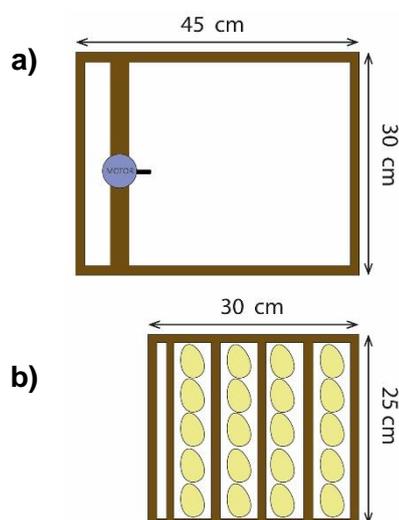


Figura 2.8: Dimensiones de las volteadoras, a) Base

b) Soporte de los huevos

Esquema general del funcionamiento del Sistema de Rotación y Volteo de Huevos

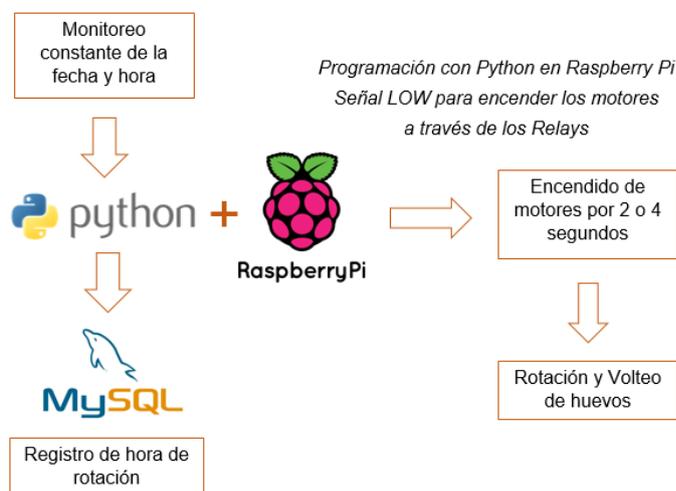


Figura 2.9: Esquema de funcionamiento del Sistema de Rotación y Volteo de Huevos

Problemas encontrados y soluciones planteadas

Inicialmente se diseñó un sistema de rotación con 4 motorreductores que funcionaban con 5 Volts, este sistema poseía soportes realizados con varillas de madera que sostenían una malla de plástico en donde reposaban los huevos y en el cual los motores enrollaban la malla haciendo que el huevo se mueva, en este sistema la cantidad de huevos que se requería demostró que los motores escogidos eran un problema, ya que los motores no giraban más de 7 huevos por base, es por esto que la solución fue hacer un rediseño del sistema, al que se describe en el párrafo anterior y es el que se usa actualmente para tener una capacidad de entre 20 y 25 huevos por base.

Otro problema fue que la unión de los motores a las bases se realizó con silicón, esto fue un problema con la presencia de la temperatura, ya que derritió el material; la solución fue ponerle tornillos a los motores en la madera para que queden completamente estabilizados.

El motor al poseer un agarre a presión y el motor poseer una potencia considerable, en determinadas ocasiones hacia que el agarre se saliese o dejase de funcionar correctamente, la solución fue, además de unirlo a presión, adherirlo con un pegamento resistente.

2.4.2 Sistema de Generación y Control de Humedad

Otro factor importante para el desarrollo del embrión de pollo o gallina es la humedad presente en el ambiente de incubación, esta humedad relativa, debe tener valores de entre 50 y 60%. La medición de este parámetro se realiza mediante el sensor DHT11 [10], y esta se genera mediante vibraciones ultrasónicas producidas por un humidificador ultrasónico al entrar en contacto con el agua según lo descrito en la sección 2.2.7 de este documento.

Funcionamiento del Sistema

El proceso de generación y control de humedad se realiza de la siguiente manera:

El sistema cuenta con un reservorio de aproximadamente 3 litros de agua (Figura 2.10), el cual es alimentado por el usuario. El agua es constantemente convertida de estado sólido a líquido gracias al humidificador ultrasónico, en un proceso que solo se detiene cuando el sensor ha detectado valores por sobre el 50% de humedad relativa. La lectura de los valores que genera el sensor, se realiza cada segundo, sin embargo el envío de datos se realiza cada minuto, esto, porque los valores de humedad no varían drásticamente y cambian de forma gradual descendiendo o aumentando de forma pausada.

La generación del vapor para incrementar los niveles de humedad en el sistema de incubación, se debe a la presencia de un humidificador ultrasónico, el mismo que hacer vibrar el agua a frecuencias tan altas, que son imperceptibles al oído humano. Una de las ventajas de utilizar esta técnica de generación de humedad es que el dispositivo convierte el agua en vapor sin incrementar la temperatura de la misma. Esto es ideal ya que el aire cálido que circulara dentro de las cámaras de incubación debe estar

integrado con la temperatura generada por el sistema de control de temperatura.

Al existir dos cámaras de incubación es necesario el control de la humedad por separado; debido a esto se incorporaron dos ventiladores que introducen el vapor de manera forzada a las cámaras de incubación. Estos ventiladores, se encenderán por separado dependiendo del nivel de humedad en cada una de las cámaras de incubación, la dirección de giro de los ventiladores hace que se extraiga vapor del reservorio y lo introduzca en la cámara de incubación cada vez el sensor de humedad indique que los niveles están por debajo de lo recomendado.

El transporte de la humedad se realiza por medio de los ductos de 4 cm de diámetro, al ser estos de plástico, son ideales para su transporte, además, al ser el mismo un vapor frío, no se alteran las condiciones internas de temperatura, ni se daña el material del que están hechos los ductos (Figura 2.11).

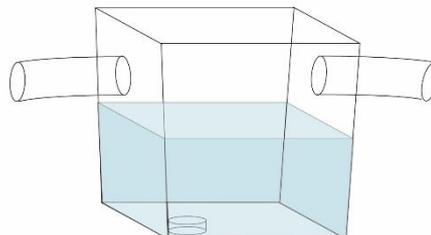


Figura 2.10: Reservorio de agua, Humidificador ultrasónico y ductos

Dimensiones de las base del reservorio de agua.

Las dimensiones de la base del reservorio de agua son:

25 cm de largo x 20 cm de ancho x 0,5 cm de alto

Esquema general del funcionamiento del Sistema de Generación y Control de Humedad

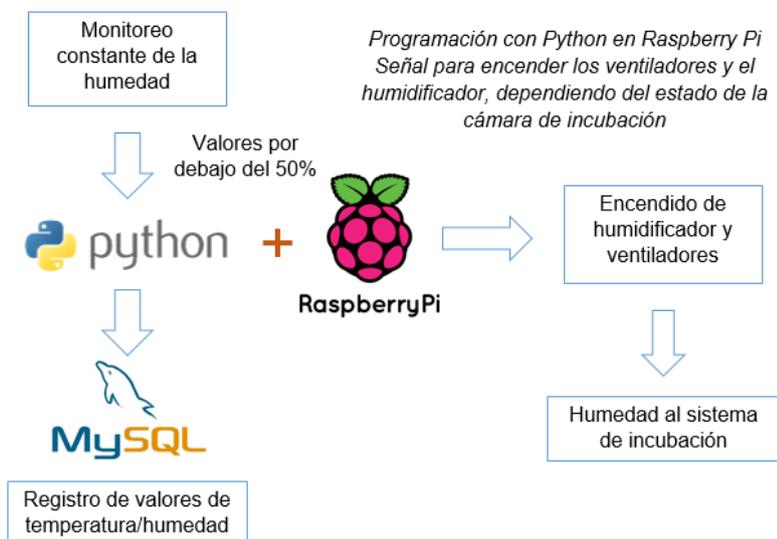


Figura 2.11: Esquema de funcionamiento del Sistema de Generación y Control de humedad

Problemas encontrados y soluciones planteadas

Inicialmente se disponía de un reservorio que consumía menos de 0.5 litros de agua, el problema resultó en que era necesario abastecerlo cada 4 o 5 horas, la solución fue reemplazar el reservorio de agua por uno más grande, el utilizado actualmente dispone de casi 3 litros de agua para consumir en el sistema, lo que resulta en que se consume en casi 1 día.

El estado del agua al ser convertida en gas no es estable y se condensa rápidamente, esto generó un problema al momento de ubicar el reservorio de agua. Inicialmente se había ubicado el mismo en la sección lateral del mueble en donde se ubican todos los sistemas que aportan a la incubación, esto suponía tener ductos de casi de 1 m de largo, y el agua se condensaba en el camino. La solución fue ubicar el reservorio en la sección posterior de la incubadora, para que esté lo más próximo a los ventiladores, los ductos al momento, tienen una longitud de

aproximadamente 8 cm en la sección superior o cámara de incubación 1
y 30 cm para la sección inferior o cámara de incubación 2.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

3.1 Implementación de Hardware del proyecto

La implementación del hardware del módulo descrito en el presente documento consiste en la configuración de la Raspberry Pi (Entradas y Salidas en la GPIO) en conjunto con el circuito impreso que se ha elaborado para el proyecto, y su integración con los sensores, motores, humidificador y ventiladores; para que el funcionamiento del prototipo sea en completo automatizado.

El módulo consiste en dos sistemas, el sistema de rotación y volteo de huevos y el sistema de generación y control de humedad; los componentes electrónicos de los sistemas se encuentran incorporados en una placa o circuito impreso que trabaja directamente con la interfaz GPIO de Raspberry Pi, a continuación se describirá el diseño final y funcional del circuito electrónico en conjunto con los componentes que conforman los prototipos.

3.2 Estructura final de los prototipos

La estructura final del sistema de rotación y volteo de huevos de gallina está compuesta enteramente de madera, la base posee un fondo cuadrado con agujeros que permiten la circulación tanto del aire cálido que reciben los huevos como del vapor que se introduce mediante el sistema de generación y control de humedad. Para estas características finales fue necesario analizar la forma en la



Figura 3.1: Estructura final de las bases de los huevos (Volteadoras)

que giran los huevos, para hacer que esto sea lo más suave posible, por tal motivo este fondo cuadrículado posee una superficie completamente lisa (Figura 3.1).

La estructura final del sistema de generación y control de humedad está compuesta de un reservorio de plástico, ductos de plástico, y un soporte de madera. Se eligió un reservorio de plástico debido a su costo y facilidad de adquisición, además es posible reemplazarlo con facilidad, ya que no se encuentra fijo a ningún otro componente.

Para el funcionamiento de ambos prototipos se han utilizado los pines de la interfaz GPIO de Raspberry Pi y que son descritos en la siguiente tabla.

Pin	Tipo(Input/Output)	Dispositivo (Señal)
2	DC 5 V	Módulos Relay y Sensores
6	GND	Todos
GPIO 4	Input	Sensor Temperatura/Humedad 1
GPIO 17	Input	Sensor Temperatura/Humedad 2
GPIO 22	Output	Ventilador 2
GPIO 27	Output	Ventilador 1
GPIO 24	Output	Humidificador Ultrasónico
GPIO 25	Output	Motores Síncronos de Volteadoras

Tabla 1: Descripción de los pines de la interfaz GPIO utilizados

Los pines han sido configurados mediante la opción BCM de Raspberry Pi, lo cual permite utilizar la numeración preestablecida por este dispositivo (ver Tabla 1) para entradas y salidas (GPIO + Número preestablecido).

3.3 Detalle de los pines de la interfaz GPIO de Raspberry utilizados

3.3.1 Pin 2 (5 V DC)

Utilizado como fuente de alimentación para el funcionamiento de los sensores de temperatura/humedad, también es utilizado para alimentar los módulos de relay que controlan el funcionamiento de los dispositivos de mayor voltaje (motores, humidificador, ventiladores).

Se adjunta un esquema de la interfaz GPIO con sus tipos de señales en cada pin y valores de voltaje.

3.3.2 Pin 6 (GND)

Es la conexión a tierra de todo el módulo, todos los dispositivos electrónicos que utilizan los 5 Volts del literal anterior, utilizan esta conexión a tierra para su correcto funcionamiento tanto los sensores, como los módulos de relay.

3.3.3 GPIO 4 y GPIO 17

Pines que permiten la comunicación entre los sensores y la Raspberry, ya que se configuran como entradas al sistema; las muestras tomadas por los sensores son enviadas periódicamente a la RPi, la lectura se realiza con la librería Adafruit en el lenguaje de programación Python en su versión 2.7. Estos sensores son los que permiten el control del sistema de generación de humedad ya que están siempre enviando información de la incubadora, y esta información se utiliza para encender o apagar el humidificador junto con los ventiladores.

3.3.4 GPIO 22 y GPIO 27

Son los encargados de enviar una señal para encender mediante los módulos de relay, los ventiladores que ingresan humedad de manera forzada al sistema; estos pines se configuran como salidas y permiten el control ON/OFF (Bajo o Alto dependiendo de la lógica), cada vez que se detecte mediante los sensores, niveles de humedad relativa, por debajo del valor recomendado.

3.3.5 GPIO 24

Este pin permite encender el humidificador ultrasónico, mediante su respectivo módulo de relay con una señal ON/OFF cada vez que se detecte valores de humedad bajos. Los ventiladores y el humidificador trabajan de manera paralela para proporcionar humedad al sistema, pero son controlados de manera independientemente para manejar el encendido y apagado en cada una de las cámaras de incubación, ya que la humedad presente en la cámara superior no es la misma que la humedad en la cámara inferior, y esta condición es necesaria controlar.

3.3.6 GPIO 25

Permite el encendido de los motores de manera periódica, esto se realiza enviando una señal (de salida) de tipo ON/OFF (Bajo o Alto dependiendo de la lógica) cada cierto tiempo, en el caso del prototipo presentado en el presente documento, esta señal se envía cada 4 horas, y dura entre 2 y 4 segundos, dependiendo del ángulo al que se desee voltear los huevos, este tiempo corresponde al tiempo de rotación del motor.

La lectura de los tiempos se realiza directamente desde Python a la RPi consultando constantemente la fecha y hora del sistema previamente configurados [13].

3.4 Circuito Electrónico de los Prototipos

Para manejar electrónicamente los dispositivos y su conexión con Raspberry Pi, fue necesario el diseño de una placa o circuito electrónico, compuesto por borneras, resistencias, transistores y demás elementos electrónicos que permitan el acoplamiento entre los dispositivos externos a la Raspberry Pi, y su integración con la misma. Para esto se utilizaron dos programas ampliamente conocidos para el diseño de circuitos electrónicos.

Isis: Software que permite el diseño del circuito electrónico añadiendo elemento por elemento, aquí se encuentran los elementos necesarios que permiten simular el funcionamiento del circuito electrónico que deseamos construir. Es el encargado de realizar el “esquemático” general del circuito para su posterior utilización en el software Ares.

La Figura 3.2 muestra las conexiones de los elementos electrónicos utilizados, los sensores, ventiladores, motores y humidificador. En la sección inferior se encuentra el esquemático de un regulador de voltaje en conjunto con un puente de diodos y capacitores para obtener un voltaje de 12 V DC a partir de los 24 V AC que entrega el cargador del humidificador. Este voltaje es destinado para uso de los ventiladores que introducen la humedad al sistema.

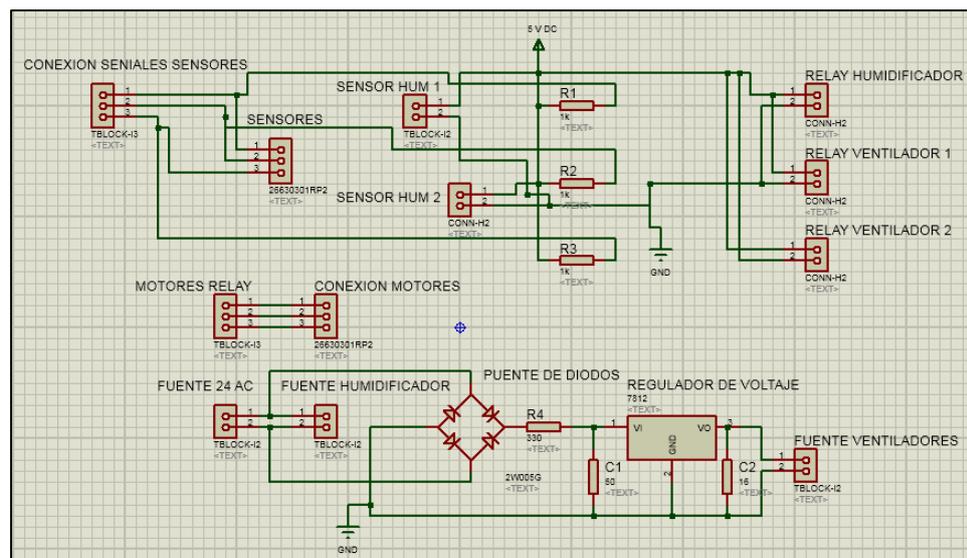


Figura 3.2: Esquemático en Isis del circuito electrónico

Ares: Aquí se diseña el modelo del circuito impreso (Figura 3.3), con todas las herramientas para poder imprimir la placa; este software nos permite revisar dimensiones de los agujeros que servirán posteriormente para soldar los elementos electrónicos, al igual que las conexiones entre los componentes y los tamaños de las pistas por donde fluiría la corriente. Este software es dependiente del anterior, ya que con la información del esquemático se puede realizar el diseño del circuito para imprimir.

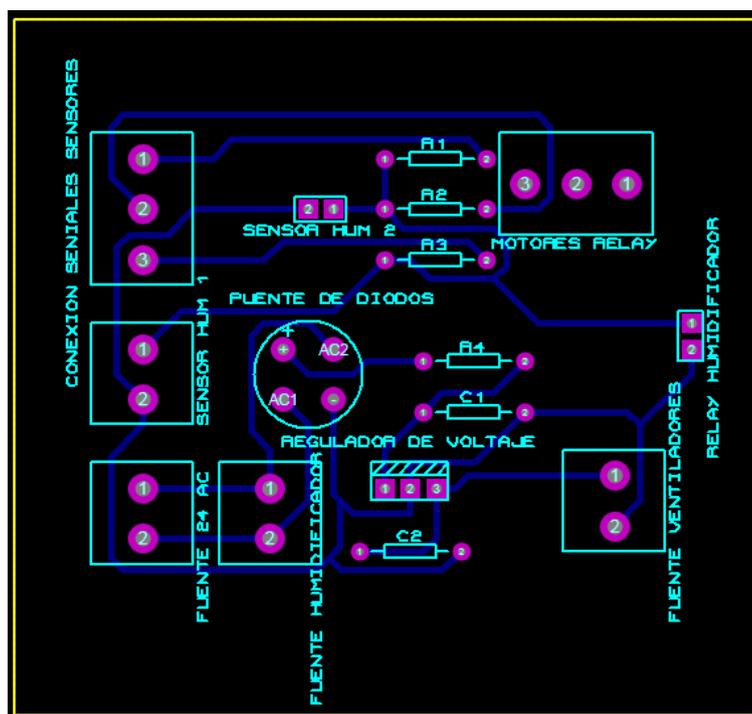


Figura 3.3: Diseño del circuito previo a su impresión

3.5 Implementación de Software

3.5.1 Funcionamiento de prototipos con Raspberry Pi

Para la implementación de los prototipos se utilizó una Raspberry Pi 2 modelo B, la cual tiene precargado entre sus lenguajes de programación, la versión 2.7 de Python, para el funcionamiento de los módulos de relay en el encendido y apagado de dispositivos electrónicos, se utiliza la librería GPIO, mediante el comando en un script de Python:

```
import RPi.GPIO as GPIO
```

La configuración de los pines se realiza con la siguiente línea de código:

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
```

Librería Adafruit: Dentro de la terminal de raspberry se ejecutan los siguientes comandos:

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install build-essential python-dev
```

Es necesario descargar la librería de su sitio web en github [9], o clonando el repositorio de:

```
https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library
```

La instalación se realiza mediante el comando:

```
sudo python setup.py install
```

El uso de la librería Adafruit se realiza mediante el comando en el script de Python:

```
import Adafruit_DHT
```

Esta librería es la que permite la lectura de los datos en el script de ejecución utilizado para controlar la cantidad de humedad presente en el sistema de incubación.

El manejo de los tiempos de rotación se realiza con las librerías de tiempo en Python, mediante los comandos:

```
import time
```

```
import datetime
```

```
from time import gmtime, strftime
```

3.5.2 Almacenamiento de información con MySQL

Para utilizar las funciones de MySQL en Python, es necesario importar la librería MySQL en el script de funcionamiento de los módulos:

```
import MySQLdb
```

En la base de datos del proyecto se almacena la siguiente información:

- Valores de Temperatura y Humedad por Cámara de Incubación y la hora en que esta información es capturada.
- Tiempo en que se realiza el volteo de los huevos
- Tiempo de incubación de los huevos

En las Figuras 3.4, 3.5 se observa el formato de almacenamiento de la información

id	id_sensor	temp	hum	tiempo
278926	1	35	30	2016-09-13 16:44:11
278927	2	39	11	2016-09-13 16:44:11
278928	1	35	30	2016-09-13 16:44:53
278929	2	39	11	2016-09-13 16:44:54
278930	1	35	29	2016-09-13 16:45:33
278931	2	40	11	2016-09-13 16:45:33
278932	1	35	30	2016-09-13 16:46:23
278933	2	39	11	2016-09-13 16:46:24
278934	1	35	30	2016-09-13 16:47:13
278935	2	39	11	2016-09-13 16:47:13
278936	1	35	30	2016-09-13 16:48:05
278937	2	38	12	2016-09-13 16:48:05
278938	1	35	30	2016-09-13 16:48:49
278939	2	38	12	2016-09-13 16:48:49

Figura 3.4: Información de temperatura y humedad en la incubadora

id	fecha
125	2016-09-10 20:00:06
126	2016-09-11 00:00:03
127	2016-09-11 04:00:10
128	2016-09-12 06:17:37
129	2016-09-12 06:17:32
130	2016-09-12 08:00:01
131	2016-09-12 08:02:37
132	2016-09-12 10:58:02
133	2016-09-12 16:00:01
134	2016-09-12 20:00:04
135	2016-09-13 00:00:02
136	2016-09-13 04:00:03
137	2016-09-13 08:00:01

Figura 3.5: Información de tiempos de rotación

3.5.3 Visualización web del sistema

La visualización web implementada, fue básicamente para observar el comportamiento del sistema (Figura 3.6), la tecnología utilizada fue una conexión con Ajax y consulta de datos a la base de datos mediante PHP [12].

La librería utilizada que permite la visualización de los datos está basada en JavaScript, y se denomina Highcharts [14].

El proceso que se sigue para visualizar los datos es el siguiente:

- 1) Cuando el cliente (navegador) consulta el sitio web se crea una conexión.
- 2) La conexión se maneja del lado de servidor con AJAX en JQuery [15].
- 3) La conexión consulta al script PHP.
- 4) El archivo PHP consulta a la base de datos y envía la información en un formato de intercambio de datos JSON.
- 5) El script de conexión maneja los datos y los envía a la librería Highcharts.
- 6) La Librería Highcharts grafica los datos.
- 7) El script de conexión está constantemente preguntando por los datos y repite el proceso anterior desde el literal 3.



Figura 3.6: Visualización de Temperatura en sitio web

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La incubación de los huevos debe ser monitoreada constantemente mediante ovoscopía (en un cuarto oscuro, hacer pasar luz a través del huevo), o vía web con los valores de los sensores, para calibrar los parámetros necesarios para que las aves nazcan, ya que los valores no son fijos y dependen del entorno en donde se incuba (presencia de aire acondicionado, demasiado calor, etc.).

Es posible aumentar la cantidad de huevos a incubar, ya que los huevos fecundados o “criollos” son de menor tamaño que los comerciales, con esto, en un tamaño idéntico al de la incubadora actual, entrarían perfectamente 50 huevos.

Los parámetros de temperatura y humedad, son factores estrechamente relacionados, ya que se observó que a mayor temperatura la humedad tiende a bajar y viceversa, por eso deben ser objeto de un riguroso análisis previo.

Los materiales con los que se construyen los prototipos y en especial los pegamentos que sean utilizados para adherir elementos, deben ser especializados para soportar la cantidad de temperatura a la que están los huevos, ya que pueden provocar que uno o más elementos dejen de funcionar (pueden desprenderse con facilidad del lugar donde están adheridos).

El éxito en la incubación dependerá de que los parámetros necesarios se encuentren en equilibrio, esto es posible mejorarlo a lo largo del proceso, pero debe analizarse antes de iniciar el mismo.

Es posible incubar otro tipo de aves que no sean crías de gallinas, para esto solo deben reemplazarse los soportes de los huevos de acuerdo a la necesidad; por ejemplo, si se desea incubar huevos de codorniz, las divisiones entre huevos debe ser más pequeña y el tiempo de giro de las volteadoras también debe variar, al igual que los valores de temperatura.

Los elementos electrónicos que se utilizan en la incubadora deben ser constantemente monitoreados ya que puede suceder que alguno de averíe en el proceso, o que empiece a funcionar de manera incorrecta. Un análisis de este

funcionamiento nos ayudará a determinar si deben reemplazarse los elementos por otros de mejor calidad, aunque esto suponga una elevación en el costo final.

Es de vital importancia analizar los materiales con los que se construirá una incubadora, ya que deben ser materiales resistentes, pero que no conserven el calor, ni retengan humedad.

El uso de químicos debe evitarse ya que pueden provocar una posible contaminación en el sistema interno, y por ende afectar el crecimiento del embrión.

La incubación no precisamente se realiza en 21 días, esto dependerá de los factores que intervienen en el proceso ya que en la primera incubación con los prototipos descritos en el presente documento, una cría de gallina nació después de los 21 días.

Es importante planificar desde la construcción de la incubadora un sistema para monitorear la misma, ya que se observó que fueron necesarias dos cosas: un sistema capaz de enviar valores (ya sea de encendido o de apagado) a la incubadora de forma remota, esto debido a que hay días críticos en donde nadie se encontraba en las cercanías del sistema (como los fines de semana), y era importante monitorear constantemente los cambios. También es importante tener un sistema de vigilancia, como una cámara web para poder ver el desarrollo de incubación, al menos en los últimos días en donde los pollos tienden a romper el cascarón, y así detener o parar el sistema por seguridad de las aves.

Rediseñar la parte electrónica de la incubadora, ya que al ser dos grupos independientes, se utiliza elementos redundantes, como sensores, y placas electrónicas.

Asegurarse que la alimentación de energía a la incubadora se mantiene constante, es importante que no exista ningún tipo de interrupción en el proceso, interrupciones generadas por apagones o imprevistos en el ambiente donde se encuentra la incubadora, ya que puede provocar la muerte de los embriones en los huevos. El factor temperatura es de gran importancia dentro de todo el sistema.

Procurar un abastecimiento constante de agua, en un rediseño futuro se puede implementar la agregación de una bomba que succione agua de un tanque al

reservorio cuando este lo necesite, sin la necesidad de que una persona agregue agua manualmente. El sistema de alimentación de agua al reservorio es algo que debe revisarse detenidamente para asegurar que los huevos estén siempre hidratados.

Diseñar un sistema de alertas en todo el sistema, esto puede ser posible mediante la integración de un sistema que envíe mensajes de texto o emails al encargado de la incubación, las alertas deben ser propias de los contratiempos que normalmente pueden ocurrir, como la elevación exagerada en la temperatura, la falta de agua, el fallo en un sistema, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Chiriboga Lozada, "Evaluación de tres Balanceados Energéticos-Proteicos Comerciales y dos Aditivos Alimenticios en la alimentación de Pollos Parrilleros", Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Univ. Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 2015.
- [2] M.Cuca, E. Ávila. (1978). Ciencia Veterinaria: Fuentes de Energía y Proteínas para la Alimentación de las Aves [Online]. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol2/CVv2c12.pdf>
- [3] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2012). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria – EPAC [Online]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>
- [4] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2014). Estadísticas Agropecuarias [Online]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- [5] P. González, S. De la Rosa W. Rafferty, "Efecto de la duración de la fase de volteo de los huevos de perdiz roja (*Alectoris rufa*) durante la incubación sobre la tasa de eclosión" ITEA - Información Técnica Económica Agraria vol. 105 ,no 4, pp. 291-295, 2009
- [6] 5m Enterprises. (2014, Diciembre 30). La importancia del volteo del huevo en la incubación [Online]. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2656/la-importancia-del-volteo-del-huevo-en-la-incubacion/>
- [7] A. Acán Bonilla, "Métodos de Incubación de Huevos de Gallina", Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2012.
- [8] Backyard Chickens. (2013, Noviembre 3). Bens-Hens DIY Incubator [Online]. Disponible en: <http://www.backyardchickens.com/a/bens-hens-diy-incubator>

- [9] Adafruit Python DHT (2016, Junio 22). Python library to read the DHT series of humidity and temperature sensors on a Raspberry Pi or Beaglebone Black [Online]. Disponible en: https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_DHT
- [10] Adafruit (2016). DHT11 Basic Temperature-Humidity Sensor [Online]. Disponible en: <https://learn.adafruit.com/dht>
- [11] Holmes (2014, Octubre) How Does an Ultrasonic Humidifier Work? [Online]. Disponible en: <http://www.holmesproducts.com/blog/archive/2014/october/how-does-an-ultrasonic-humidifier-work%3F.html>
- [12] O. Uh (2015, Julio 18). Highcharts spline y Ajax (estadísticas en tiempo real) con php, mysql, json [Online]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=9zxfoamp-xc>
- [13] A. Royal (2012, Agosto 9). How to set date and time in Raspberry Pi [Online]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?f=63&t=13313>
- [14] Highcharts (2016). Highcharts Documentation [Online]. Disponible en: <http://www.highcharts.com/docs>
- [15] The JQuery Foundation (2016). Ajax in JQuery [Online]. Disponible en: <http://api.jquery.com/jquery.ajax/>
- [16] Raspberry Pi Geek (2016). GPIO PIN INPUT OUTPUT RASPBERRY PI 2 MODEL B/ B+ [Online]. Disponible en: <http://www.raspberry-pi-geek.com/howto/GPIO-Pinout-Rasp-Pi-1-Model-B-Rasp-Pi-2-Model-B>
- [17] Canakit Electronic Kits, Modules & Parts (2016). Raspberry Pi WiFi Adapter [Online]. Disponible en: <https://www.canakit.com/raspberry-pi-wifi.html>

ANEXOS

GPIO: INTERFAZ DE CONEXIÓN DE RASPBERRY PI 2 MODELO B [16]

<i>Pin#</i>	<i>NAME</i>		<i>NAME</i>	<i>Pin#</i>
01	3.3v DC Power		DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I2C)		DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I2C)		Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)		(TXD0) GPIO14	08
09	Ground		(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)		(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)		Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)		(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power		(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)		Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)		(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)		(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground		(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I2C ID EEPROM)		(I2C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05		Ground	30
31	GPIO06		GPIO12	32
33	GPIO13		Ground	34
35	GPIO19		GPIO16	36
37	GPIO26		GPIO20	38
39	Ground		GPIO21	40