



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Análisis de diseño para la automatización en una empresa avícola.

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: MIGUEL VINICIO GUAMÁN GUAMÁN

DIRECTOR: ING. CARLOS FLORES VÁZQUEZ, MSC., MBA

MATRIZ CUENCA

2018

DECLARACIÓN

Yo, Miguel Vinicio Guamán Guamán, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Miguel Vinicio Guamán Guamán

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Miguel Vinicio Guamán Guamán, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Alberto Flores

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la sabiduría y guiarme a lo largo de toda mi carrera estudiantil, sobre todo por permitirme concluir este Proyecto de Investigación.

A mis Padres y familia por apoyarme en cada etapa de mi vida, y ser el pilar fundamental para culminar con éxito esta etapa de mi vida profesional.

A mi esposa por la motivación que me brinda diariamente y en especial a lo largo del desarrollo de este Proyecto de Investigación.

En general agradezco a la Universidad Católica de Cuenca, la carrera de Ingeniería Eléctrica y sobre todo al Ing. Carlos Flores director de este Proyecto por toda la ayuda brindada y el conocimiento compartido para el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

Este logro les dedico a mis padres “Miguel y Celina”, quienes con sus sabias palabras y consejos me ha preparado y motivado para cumplir esta meta y plantearme nuevos objetivos estudiantiles, para ustedes papi y mami.

También a mi esposa Clara Beatriz, mis hijas Alice Estefanía y Doménica Paulina, que llegaron a formar parte de mi vida en el momento indicado y ser la fuente de mi inspiración, motivación y entrega en momentos difíciles y cansados, para ustedes amores.

Para toda mi familia en general Nancy, Valeria, Fernanda, José, Carlos, Andrea, Andrés y Mayte con mucho cariño para ustedes familia Guamán Guamán.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE ANEXOS.....	XI
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I.....	4
1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Justificación.....	5
1.3 Alcance	5
1.4 Situación actual.....	6
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo general	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
CAPITULO II.....	7
2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA PARA EL CONTROL DE LA ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA	7
2.1 Análisis del equipo necesario.....	7
2.1.1 Ventilación	8
2.1.2 Calefacción.....	9
2.1.3 Iluminación	9
2.1.4 Interface de comunicación.....	10
2.2 Selección de sensores	10
2.3 Selección de controlador.....	11

2.4	Selección de actuadores.....	12
2.4.1	Ventilador	12
2.4.2	Cortinas	13
2.4.3	Iluminación	14
2.4.4	Calefacción.....	15
2.5	Establecimiento de comunicación.....	16
2.6	Selección, programación y configuración de la interfaz con el usuario	18
2.7	Diseño final del sistema	22
2.7.1	Instrucciones de control del sistema automático.....	25
CAPITULO 3.....		27
3 PRUEBAS Y RESULTADOS.....		27
3.1	Pruebas.....	27
3.1.1	Pruebas de exactitud del sensor de temperatura.....	27
3.1.2	Prueba de funcionamiento de los actuadores	29
3.1.3	Pruebas de la interfaz gráfica.....	31
3.2	Resultados esperados y obtenidos	31
3.3	Análisis Costo–Beneficio.....	32
3.3.1	Costo sistema manual	33
3.3.2	Costo sistema automático	34
3.3.3	Costo inversión sistema automático.....	35
3.3.4	Análisis Valor Actual Neto (VAN) y TIR.....	36
CAPITULO 4.....		37
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		37
4.1	Conclusiones.....	37
4.2	Recomendaciones	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		39
ANEXOS.....		40
Anexo 1 Cuestionario Interfaz Gráfica.....		40

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Diagrama de bloques para automatizar un galpón de pollos.	7
Fig. 2 Sensor de temperatura DS18B20.	11
Fig. 3 Placa Arduino Mega 2560.	12
Fig. 4 Ventilador axial monofásico Cavenco.	13
Fig. 5 Respuesta espectral fotópica para una gallina doméstica.	14
Fig. 6 Espectro frio luz fluorescente	15
Fig. 7 Bujía Whirlpool, electroválvula Shako	16
Fig. 8 Esquema de conexión Arduino - sensor.	16
Fig. 9 Esquema de conexión Arduino - relé actuadores.	17
Fig. 10 Esquema de conexión Arduino – controlador de motor.	18
Fig. 11 Diagrama de flujos “Ventana1”	19
Fig. 12 Diagrama de flujo del sistema de Temperatura (calefacción, ventilación).	20
Fig. 13 Diagrama de flujo para el sistema de recolección de información, ventana registro.	21
Fig. 14 Plano ubicación de sensor y calefactor.	22
Fig. 15 Diagrama de control en bloques para funcionamiento de calefacción y ventilación.	23
Fig. 16 Esquema de conexión procesador, actuadores, sensor.	23
Fig. 17 Ventana Guide de matlab; a) ventana inicio, b) ventana registro de datos y c) ventana principal.	24
Fig. 18 Ventana inicio.	25
Fig. 19 Ventana principal de automatización.	26
Fig. 20 Ventana “Registro de datos”	27
Fig. 21 Pruebas de exactitud sensor DS18B20.	28
Fig. 22 Funcionamiento de los actuadores.	29

Fig. 23 Base de Datos en Excel.32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características del aire en un galpón de pollos.....	8
Tabla 2 Encendido y apagado de luminaria.	9
Tabla 3 Prueba exactitud temperatura.	28
Tabla 4 Temperatura interior del galpón	30
Tabla 5 Gastos para la producción pollos de engorde.	33
Tabla 6 Venta de carne pollo.....	34
Tabla 7 Datos sistema automático.	34
Tabla 8 Costo inversión automatización.....	35

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Cuestionario Interfaz Gráfica	40
--	----

RESUMEN

La variación de temperatura y condiciones climáticas en la región Sierra del Ecuador ha sido un factor preocupante para la industria de la Avicultura, en los galpones de pequeña y mediana producción el índice de mortalidad supera el 7% de la camada inicial, las enfermedades de tipo respiratorio y el parálisis muscular de las aves son provocadas por las variaciones climáticas que no pueden ser controladas inmediatamente por el avicultor provocando pérdidas económica y la necesidad de contratar más personal para estas actividades.

La automatización de calefacción y ventilación ayuda al mejoramiento de las condiciones ambientales en el interior del galpón de pollos, optimizan el índice de conversión alimenticia en las aves para mejorar la producción de carne en menor tiempo y menor gasto económico; el sistema de iluminación controlado durante los primeros días de producción permite que los polluelos consuman mayor cantidad de alimento posible para la correcta formación del sistema digestivo; la mejora en la producción permitirá al avicultor solventar la inversión inicial por el sistema automático en nueve meses.

PALABRAS CLAVE: AUTOMATIZACIÓN DE TEMPERATURA, GALPÓN MEDIANO, GALPÓN PEQUEÑO, CONTROL DE TEMPERATURA, PLATAFORMA ARDUINO.

ABSTRACT

The variation of temperature and climatic conditions in the Sierra region of Ecuador has been a worrying factor for the poultry industry, in the small and medium production sheds the mortality rate exceeds 7% of the initial litter, diseases of type Respiratory and muscular paralysis of birds are caused by climatic variations that cannot be controlled immediately by the aviculturist causing economic losses and the need to hire more personnel for these activities.

The automation of heating and ventilation helps to improve environmental conditions inside the chicken house, optimize the feed conversion rate in birds to improve meat production in less time and lower economic cost; The lighting system controlled during the first days of production allows the chicks to consume as much food as possible for the correct formation of the digestive system; the improvement in production will allow the poultry farmer to pay for the initial investment by the automatic system in nine months.

KEYWORDS: TEMPERATURE AUTOMATION, MEDIUM SHED, SMALL SHED, TEMPERATURE CONTROL, ARDUINO PLATFORM.

INTRODUCCIÓN

El diseño para la automatización de la temperatura e iluminación en un galpón de pollos permite que el avicultor cuente con un sistema de calefacción, iluminación y ventilación ya sea natural (cortinas) o artificial (ventiladores) autónomo e independiente, capaz de generar las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de las aves desde el primer día de vida.

El presente proyecto de investigación abarca cuatro capítulos; el primer capítulo consta de recopilar de información necesaria para conocer la situación actual de este tipo de procesos de automatización, el capítulo dos determina el análisis de los implementos avícolas y componentes electrónicos para crear el sistema automático de calefacción, iluminación y ventilación. En el capítulo tres se realiza pruebas de funcionamiento de los actuadores y sensor de temperatura en el sistema virtual creado en Matlab y en un prototipo “maqueta”.

El diseño planteado en esta investigación, es mejorar e innovar con sistemas y componentes electrónicos de bajo costo comparados a los actualmente usados en este tipo de industria, el cual permita al avicultor generar mayor producción de aves y con mejor calidad.

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los pollos de engorde modernos hoy en día tienen una vida corta, dependiendo del peso final y del mercado que tenga como objetivo el avicultor. La vida del animal oscila entre 600 y 1200 horas, para llegar a la meta final es indispensable crear un habitat confortable para las aves dentro del galpón.

Esto implica incrementar o disminuir los niveles de temperatura, ventilación e iluminación conforme al número de días de vida que tengan las aves, y sobre todo dependiendo del lugar en el cual se encuentre el galpón. Si el galpón está ubicado en lugares con temperaturas bajas es indispensable la presencia de calentadores que generalmente son de tipo campana y funciona a Gas Licuado de Petróleo (GLP) y su funcionamiento es manual. Al igual que tener un galpón en un lugar en donde no exista mucha ventilación natural (viento) es necesario equipar con ventiladores cuyo funcionamiento es también manual.

Por lo expuesto el avicultor estar siempre pendiente del galpón para actuar acorde a la necesidad que requiera para asegurar el confort y la comodidad de las aves, estas actividades son tediosas e incómodas para el avicultor que genera pérdida de tiempo y dinero de esa manera se tiene gastos económicos de producción por encima de lo deseado y planificado. La temperatura y oxigenación del galpón durante los primeros 10 días de vida de las aves es de suma importancia para llegar a las metas establecidas en cuanto a la producción de carne de los pollos, la temperatura debe estar equilibrada para de esa manera evitar muertes provocado por bajas temperaturas o a su vez deshidratación provocado por altas temperaturas.

Durante la tercera semana de vida de las aves su temperatura corporal es de 41 °C esto conlleva a que el galpón se mantenga caliente y no sea indispensable el uso de calefactores, pero cuando la temperatura bordea el límite admisible se procede a realizar la apertura de las cortinas de las ventanas o paredes del galpón de forma manual, y en algunos casos se utilizan ventiladores que permitan mantener la temperatura estable en temporadas de calor.

Al momento de realizar la recepción de los polluelos es indispensable que consuman alimento y agua durante las primeras 48 horas para de esa manera evitar la deshidratación y que sus organismos se formen y fortalezcan inmediatamente. Para asegurar este proceso

es necesario iluminar el área de recepción de las aves con una luminaria que permanece encendida durante todo este tiempo, pero a medida que crecen las aves la intensidad de esta debe disminuir y el tiempo de encendido para de esa manera priorizar las horas de descanso de los pollos.

Muchas veces al ser un proceso de corto tiempo no se cumplen con algunos parámetros de crianza o de alimentación provocando de esa manera no obtener los resultados deseados porque el proceso se le ejecuta sin un control exacto de tiempo y con errores por parte de los operarios.

1.2 Justificación

En cuanto a un galpón de pollos, debido a que estos animales no pueden permanecer mucho tiempo en el mismo se debe crear un ambiente único y adecuado para estas aves con temperaturas optimas en la cual se sientan cómodos y de esa manera su organismo cumpla la función de transformar el alimento ingerido en el aumento de su masa corporal. Por lo mencionado es de suma importancia controlar las condiciones ambientales al interior del galpón.

Para controlar el ambiente al interior del galpón y manejo adecuado de utensilios propios de la avicultura como son las luminarias, la calefacción, la ventilación y sobre todo el manejo sistemático de las cortinas en las ventanas que permitan el ingreso de oxígeno para los pollos, es indispensable automatizar los procesos.

La automatización permitirá evitar muertes y enfermedades de las aves provocados por las alteraciones intempestivas del medio evitando la fluctuación de la temperatura en el galpón, además de realizar un control minucioso diario de todo lo que suceda al interior del galpón con el fin de obtener un informe de todo el periodo desde la entrada de los polluelos hasta la salida de los desechos orgánicos de los pollos.

1.3 Alcance

Este proyecto de investigación está enfocado a un diseño para la automatización de sistemas de ventilación, iluminación, calefacción y cortinas aplicando un sistema de control con la plataforma de Arduino, de esta se derivan sensores de temperatura y actuadores como son los motores reductores para las cortinas, activación automática de calefacciones y ventiladores. Finalmente se realizará un control de iluminación del galpón acorde al programa de alimentación que siga el avicultor y al sitio en donde se encuentre ubicado el galpón, es indispensable conocer la altitud sobre el nivel del mar del mismo con el fin de evitar nuevos problemas por el inadecuado manejo de la dieta alimenticia.

Para la visualización de resultados, mediciones es necesario una interface con el usuario, por esto se desarrollará un programa mediante la plataforma grafica de Matlab. Este programa permitirá al usuario verificar las condiciones iniciales, tener los parámetros necesarios para cada día del proceso previamente cargados desde el inicio hasta la salida definitiva de las aves, con lo cual se espera minimizar los errores durante el proceso de crianza de aves.

1.4 Situación actual

Los sistemas de automatización en el campo de la avicultura ha tenido [1, 2, 3, 4] un gran impulso en el Ecuador con esto los avicultores buscan mejorar su producción tanto en la calidad como en la cantidad de las aves, este proceso de automatización es evidente para los grandes inversionistas es decir para galpones de gran magnitud, sin embargo realizar la automatización para los pequeños y medianos productores es algo inalcanzable debido a que los equipos de automatización son muy costosos y es necesario una mayor inversión inicial.

Con este proyecto se plantea realizar un diseño de automatización para un galpón de pollos, el cual sea especialmente útil para pequeños y medianos productores de la avicultura, de esta manera puedan implementar un sistema de control de iluminación y temperatura con calefactores, ventiladores y cortinas, además de contar con una guía de parámetros importantes que permite realizar la crianza de forma adecuada.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Realizar el análisis de diseño para la automatización de iluminación, ventilación y calefacción en una empresa avícola.

1.5.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual con respecto a la automatización de los galpones avícolas en el cantón Cuenca.
- Analizar los conceptos teóricos que están estrechamente relacionados con la automatización y control de procesos en planteles avícolas.
- Realizar el diseño para la automatización y manejo adecuado de iluminación, ventilación y calefacción al interior de los galpones avícolas.

CAPITULO II

2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA PARA EL CONTROL DE LA ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA

2.1 Análisis del equipo necesario

Para realizar la automatización de un galpón de pollos en la zona Sierra del Ecuador en especial en el cantón Cuenca es necesario considerar las condiciones climatológicas que son extremadamente variables, es decir no hay estaciones climáticas estables, la temperatura varia en cuestión de horas en la mañana y tarde (7°C - 22°C) muchas veces se puede pasar del calor al frio o viceversa en cuestión de horas y en la noche generalmente temperaturas bajas ($10,87^{\circ}\text{C}$).

Además, se debe considerar el diseño del galpón (ancho de ventanas, puertas y tipo de infraestructura), la ubicación (altitud sobre el nivel del mar) factores que definirán el uso de ventiladores, calefactores y el tiempo de encendido de las luminarias en la automatización.

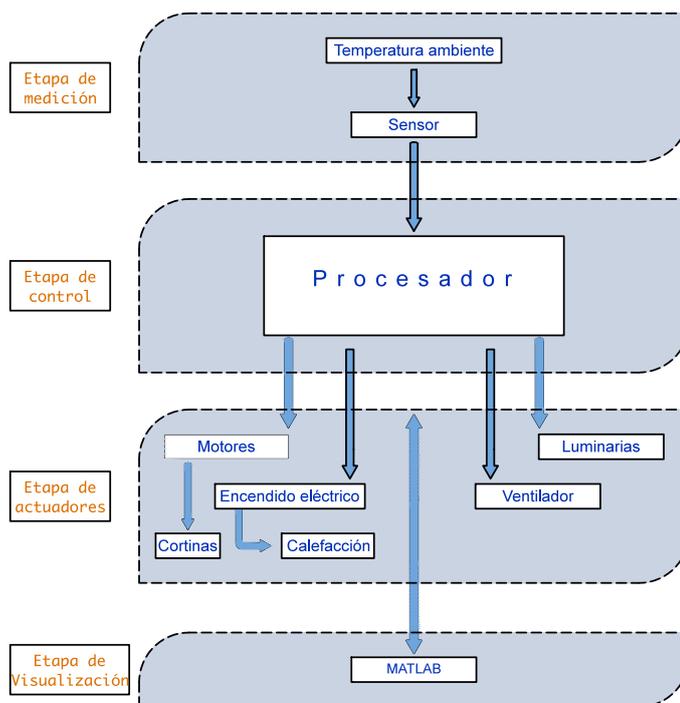


Fig. 1 Diagrama de bloques para automatizar un galpón de pollos.

Fuente: Autor

2.1.1 Ventilación

En el interior del galpón es indispensable contar con oxígeno que cumpla los parámetros como se menciona en la Tabla I “Características del aire en un galpón de pollos” según las investigaciones realizadas por la empresa de investigación avícola “Cobb” [5]. Debido a que estos animales generan una cantidad elevada de CO₂ (dióxido de carbono), NH₃ (amoníaco) y sobre todo polvo.

En galpones ventilados la humedad se disminuye considerablemente ayudando así a que la cama de las aves se mantenga fresca y caliente, evitando enfermedades de tipo respiratorias.

Si el galpón está ubicado en una zona en donde exista mayor cantidad de viento (ventilación natural) no es necesario instalar ventiladores (ventilación artificial), esto implica tener un estricto manejo de las cortinas en la apertura y cierre de estas, impidiendo así el ingreso excesivo de aire frío al galpón en los primeros días que posteriormente provocan enfermedades de tipo respiratorio, y la falta de oxigenación del galpón para las aves.

Tabla 1. Características del aire en un galpón de pollos.

Guía para calidad del aire	
Oxígeno	> 19,6%
Dióxido de Carbono (CO₂)	<0,3%/3000 ppm
Monóxido de Carbono	<10 ppm
Amoniaco (NH₃)	<10 ppm
Humedad Relativa	45 a 65 %
Polvo Respirable	<3,4 mg/m ³

Fuente: Empresa de investigación avícola “Cobb” [5].

2.1.2 Calefacción

Mantener un ambiente estable en el cual se tenga una temperatura indicada a las necesidades de los pollos es lo ideal para que estos pueden sentirse cómodos y de esa manera permitir la aceleración en la conversión de alimentos para agilitar el índice de crecimiento de las aves.

Para obtener esto es indispensable la presencia de calefactores que en este tipo de industrias es muy común encontrar de tipo manual y que utilizan el Gas Licuado de Petróleo (GLP) como medio de combustión para generar calor, para automatizar estos equipos es necesario un encendedor electrónico y electroválvula que sea acoplado a la campana o criadora de tal manera que genere una chispa para que se encienda fácilmente, cuando el sensor de temperatura envíe señales al procesador para que este actúe en el momento indicado.

2.1.3 Iluminación

Una iluminación aceptable y confortable para los polluelos durante las primeras 48 horas es relevante debido a que es necesario que consuman la mayor cantidad de alimento durante este tiempo para asegurar que su organismo se desarrolle inmediatamente y de esa manera asegurar una buena digestión en los días posteriores. En las 48 horas de luz se debe considerar mínimo 2 horas de obscuridad durante la noche para el descanso de estos y no generar el estrés temprano ni la fatiga en los polluelos, como se visualiza en la tabla 2.

Tabla 2 Encendido y apagado de luminaria.

Hora	Tiempo	Condición
18:00 – 24:00	6 horas	Encendido
24:00 – 01:00	1 hora	Apagado
01:00 – 06:00	5 horas	Encendido
6:00 – 18:00	12 horas	Apagado

Fuente: Autor.

Considerando las 12 horas luz solar durante el día, el encendido de la luminaria sería a partir de la hora 18:00 (seis de la tarde) y el apagado desde las 6:00 (seis de la mañana) [6] del siguiente día; este ciclo se debe repetir durante dos días.

Con el transcurrir del tiempo, en los días de crianza, el consumo de alimentos durante la noche se convierte de necesario a perjudicial. Esto generalmente sucede en la región Sierra en especial en el cantón Cuenca por estar a una altura promedio de 2550 metros sobre el nivel del mar (msnm) las aves tienden a sufrir de ascitis [7] (enfermedad generada por consumir alimento en horas nocturnas), es por eso que luego de los 15 días de crianza los pollos no deben consumir ningún tipo de alimento en horas nocturnas.

2.1.4 Interface de comunicación

Es indispensable que el avicultor tenga una guía de manejo que le permita cumplir parámetros para mejorar la producción de su emprendimiento, el cual le brinde la suficiente información para que el avicultor conozca de todo lo que sucede día a día en el galpón.

Para realizar el diseño que permita automatizar la temperatura, y la iluminación de un galpón de pollos se realizara un diagrama de bloques en el cual podamos ver el proceso y la actuación que cumplirán los dispositivos en las etapas de medición, control, actuadores y de visualización, empleados para el control de temperatura e iluminación del galpón, ver fig.1.

2.2 Selección de sensores

En la etapa de medición, la variable a ser cuantificada es la temperatura al interior del galpón, en la crianza de pollos la temperatura varía diariamente entre uno o dos grados centígrados para la cual es necesario utilizar sensores que midan esta variable, estos sensores serán utilizados para realizar la adquisición de datos de la temperatura al interior del galpón. Posteriormente serán procesadas mediante un sistema basado en la plataforma Arduino Mega 2560 R3.

Con el fin de realizar un proyecto de automatización con el cual el usuario realice la menor cantidad de inversión inicial posible, estos sensores deben ser muy comunes en el mercado y de fácil operación es decir en lo posible de tipo “digitales”, con el fin de que su interacción con el procesador sea rápido y eficiente, este tipo de sensores no requieren de una conversión ADC (Conversión Analógica a Digital) facilitando de esa manera la toma y el proceso de la información para que los actuadores cumplan sus funciones en el tiempo establecido y requerido. Es necesario que estos sensores tengan una protección de ingreso (Ingress Protection **IP**) contra el polvo y el agua [8] (humedad), el indicado sería un **IP67**, estos factores adversos son necesarios de prevenir en un galpón de pollos.

Con las características antes descritas se puede llegar a la conclusión de que el sensor que es adecuado para este proyecto es el sensor de temperatura DS18B20, es un sensor que se comunica de forma digital con el microprocesador, cuenta con tres cables para su conexión dos de alimentación y el otro pin de datos o de comunicación con el microcontrolador, en el mercado se puede adquirir este sensor encapsulado en una sonda de acero galvanizado que le protege de todas las perturbaciones que se puede encontrar en el medio de esa manera previene la oxidación y la humedad del equipo electrónico (DS18B20) y previene el ingreso de polvo al sensor.



Fig. 2 Sensor de temperatura DS18B20.

Fuente: Autor.

El sensor utiliza un cable de datos (one wire) para la recepción y envío de información, cada sensor tiene una dirección única de 64 bits (IP) que facilita la comunicación y conexión entre dos o más sensores conectados en serie, el voltaje de operación del mismo es de 3.0 a 5.0 Voltios, cuenta con un rango de medición de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ en temperaturas bajas y $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ en temperaturas altas, tiene un margen de error de $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para temperaturas que se encuentren en un rango de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ cumpliendo así con las especificaciones necesarias para este proyecto.

Para establecer la comunicación del sensor con la placa de Arduino es necesario realizar la instalación de dos librerías que son OneWire y DallasTemperature, estas serán posteriormente incluidas en el programa principal del proyecto.

2.3 Selección de controlador

En la etapa de control se utilizará la placa Arduino, como controlador del sistema de automatización, estará encargado de recibir los datos y mediciones de los sensores y las

órdenes del usuario por medio de la interface para realizar la activación o desactivación de los actuadores.

La plataforma para prototipos **Arduino Mega 2560 R3** representa una alternativa económica para la automatización de procesos, esta plataforma permite interactuar con varios tipos de sensores y periféricos electrónicos, debido a que cuenta con librerías implementadas para este fin, además cuentan con 54 pines de entrada/salida digitales de las cuales 14 se pueden utilizar como salida PWM y 16 entradas analógicas, posee una memoria interna de 256 KB, la alimentación de la placa se puede realizar mediante el puerto USB o una fuente externa con una capacidad de 9 a 12 VDC.

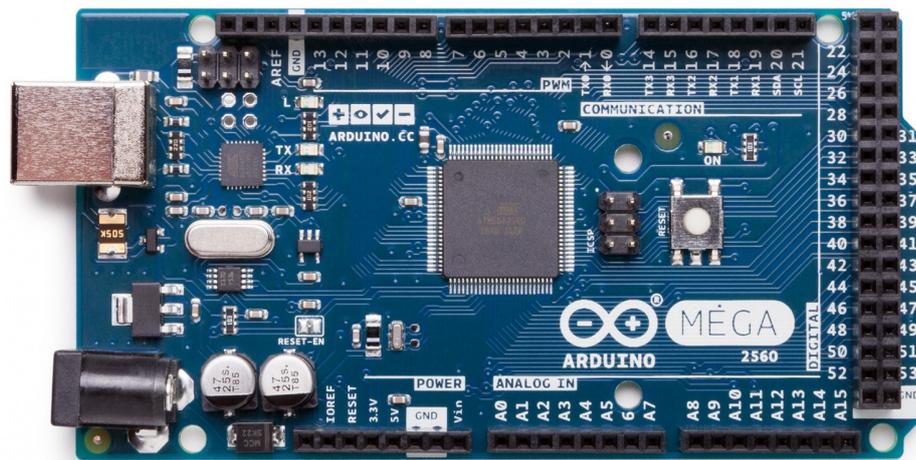


Fig. 3 Placa Arduino Mega 2560.

Fuente: www.arduino.com.

2.4 Selección de actuadores

Los actuadores necesarios e indispensables para el proceso de automatización serían ventiladores dependiendo del volumen del galpón, motores para movimiento de cortinas, luminaria, calefactor (electrodo y electroválvula).

2.4.1 Ventilador

Los ventiladores son utilizados en los galpones que son fabricados en las zonas que tienen condiciones climatológicas favorables para la avicultura en donde el flujo de aire natural es elevado durante los 365 días del año, además son utilizados en lugares cálidos en los cuales se tiene altas temperaturas y el flujo de aire natural es mínimo.

En las zonas altas del Ecuador que superan los 1000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) existe mayor cantidad de viento, específicamente en el cantón Cuenca la

velocidad del viento esta entre los 4,5 a 5 m/s semejante a una brisa débil, al tener condiciones climatológicas variables en este cantón es necesario implementar en los galpones un sistema de ventilación artificial utilizando ventiladores de baja presión asegurando de esa manera el flujo de aire continuo y suave que permita la óptima cantidad y calidad de oxígeno para el metabolismo de los pollos.



Fig. 4 Ventilador axial monofásico Cavenco.

Fuente: Autor.

Para esto se considera un ventilador tipo industrial de caudal pequeño cuyo motor es monofásico, las palas son construidas de aluminio y las partes metálicas son pintadas de poliéster, los tornillos son de acero inoxidable, los materiales externos empleados en este tipo de ventiladores son ideales para la avicultura por utilizar materiales no corrosivos, el ventilador axial monofásico de la fábrica Cavenco modelo CM-360 tiene la capacidad de ventilar 3,48 m³/h, sus medidas (530x530x340mm) son adecuadas para galpones de pequeña y mediana producción (entre 100 y 1000 pollos) como se observa en la Fig.4.

El número de ventiladores que se debe implementar en un determinado galpón varía por el volumen total del galpón, la determinación de ese valor se realiza mediante las ecuaciones (1) y (2).

$$\text{Volumen galpón (m}^3\text{)} = \text{largo(m)} * \text{ancho(m)} * \text{altura promedio(m)} \quad (1)$$

$$\text{Altura promedio(m)} = \text{altura pared(m)} + (0,5 * \text{altura fin pared hasta techo}) \text{ (m)} \quad (2)$$

2.4.2 Cortinas

Las cortinas son indispensables para los galpones de pollos, la apertura o cierre total de las mismas se realiza con un sistema de poleas que actúa acorde al número de días de las

aves y la velocidad del viento en la zona, este sistema de poleas consta de una cuerda (soga de nylon) que atraviesa las mismas y el extremo está atado al eje del motor reductor DC de 12 V que permite mover cargas de 2,3 a 7 kg a una velocidad de 110 rpm, las cortinas tienen un peso aproximado de 4kg; el tiempo total que demora el motor reductor en izar el 100% las cortinas es aproximadamente veinte segundos y está directamente relacionado con el peso de las cortinas.

2.4.3 Iluminación

En los primeros días de producción es indispensable contar con un sistema de iluminación debido a que las cortinas están izadas completamente y no permite tener una iluminación natural adecuada, puesto que las aves necesitan consumir agua y alimento durante sus primeras horas es necesario contar con luminarias eficientes que generen la mayor cantidad de luz posible.

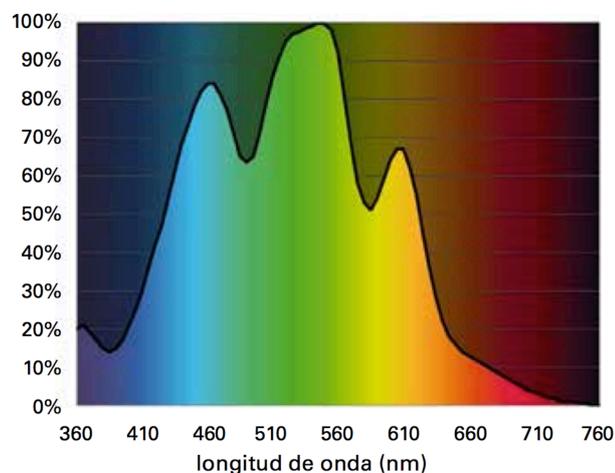


Fig. 5 Respuesta espectral fotópica para una gallina doméstica.

Fuente: www.hyline.com [9].

El ojo de los pollos de engorde tiene la capacidad de ver luz ultravioleta (UV) en el rango de 315 a 400 nm [9], y luz de 400 a 750 nm incluyendo la luz infrarroja; la luz infrarroja ayuda al calentamiento de la cama de los polluelos, pero sin embargo no es recomendable utilizar por contar con un sistema de calefacción independiente, estos polluelos son sensibles a la luz UV por lo cual sería recomendado utilizar una luminaria de esas características.

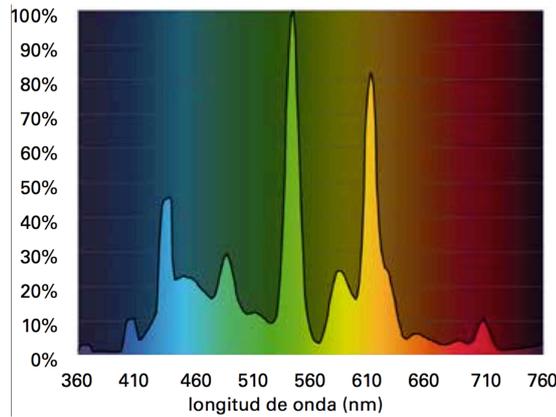


Fig. 6 Espectro frio luz fluorescente

Fuente: www.hyline.com [9]

Las Lámparas Fluorescentes Compactas (CFL) de espectro frio “Sylvania” y flujo luminoso de 630 Lm, potencia 11W son las adecuadas para este proyecto el nivel de eficiencia es “A” [10] y su consumo energético es 0,011 Kw/h; el espectro frio genera luz blanca adecuada para el confort de los polluelos.

2.4.4 Calefacción

Los galpones de pequeña y mediana escala al cual está enfocado este proyecto utilizan sistemas de calefacción basados en la combustión de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en las criadoras tipo campana cuyo funcionamiento es de tipo manual; la automatización de este sistema de calefacción se realizara implementando un electrodo (bujía Whirlpool) a la salida de la campana el cual genere chispas para el encendido del mismo y el control del flujo de GLP se realizara por medio de la electroválvula de dos vías normalmente cerrada Shako (PU220AR) con las siguientes características:

- Alimentación de 12V.
- El grado de protección del encapsulado es **IP65** inmunes al polvo y chorros de agua (humedad).



Fig. 7 Bujía Whirlpool, electroválvula Shako
Fuente: www.mercadolibre.ec.

2.5 Establecimiento de comunicación

El sensor de temperatura ds18b20 utiliza un protocolo de comunicación bidireccional OneWire, es decir, un solo cable o camino que permite transportar datos desde el sensor al procesador (Arduino) y viceversa. Para el correcto funcionamiento de este sensor es necesario la instalación de dos librerías en el Arduino IDE, OneWire prepara el bus de comunicación del sensor con el Arduino y DallasTemperature esta librería es la que permite obtener la temperatura sensada en el medio. La conexión del sensor se realiza de la siguiente manera como se indica en la Fig.8.

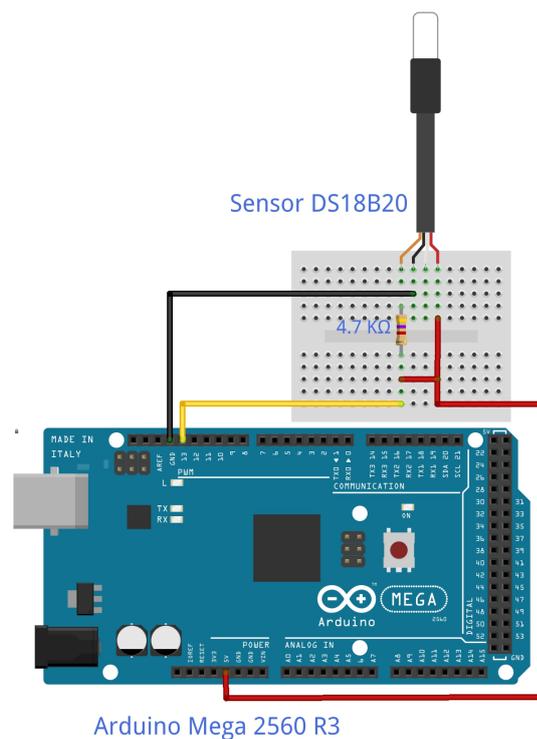


Fig. 8 Esquema de conexión Arduino - sensor.
Fuente: Autor.

La comunicación del procesador con los actuadores calefacción, ventilador y luminaria se realiza por medio de un módulo de cuatro relés de marca Songle de estado sólido, funciona con una fuente de poder de 5 VDC, tiene la capacidad de conmutar cargas en corriente alterna (CA) hasta 250 V, 10 A y en corriente directa (CD) hasta 30 V, 10 A. Al recibir la señal débil del Arduino genera una nueva señal capaz de abrir o cerrar los circuitos cuya potencia es mayor; el voltaje de funcionamiento de los actuadores es de 110 VCA.

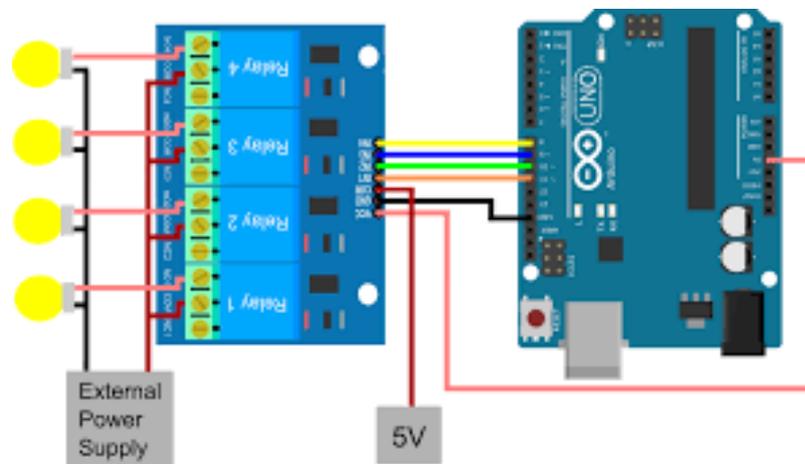


Fig. 9 Esquema de conexión Arduino - relé actuadores.

Fuente: Autor.

La apertura y cierre de las cortinas se realiza por medio de un sistema de poleas ligadas a dos motores DC para ello es necesario el módulo L298N que permite establecer comunicación entre el Arduino y los motores.

El modulo tiene la capacidad de controlar la velocidad y el giro de dos motores de manera simultánea debido a que tiene dos puentes H (H-bridge), para el correcto funcionamiento de este módulo es necesario de una fuente externa de 12 VDC.

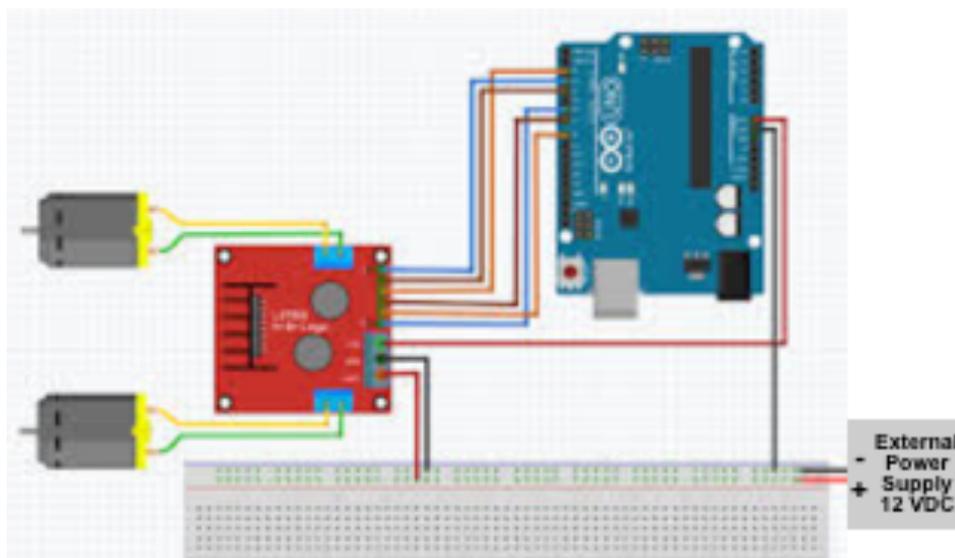


Fig. 10 Esquema de conexión Arduino – controlador de motor.

Fuente: Autor.

2.6 Selección, programación y configuración de la interfaz con el usuario

Algo muy importante de este proyecto es la interacción del avicultor con el sistema automático, la interfaz gráfica consta de cuatro ventanas diseñada de forma didáctica y amigable con el usuario, que le permita al avicultor realizar reportes desde el momento que ingresan los polluelos al galpón hasta la salida de los mismos, conocer todo lo que sucede dentro del galpón mediante un informe de actividades diarias:

- Alimentación.
- Nutrición.
- Cama de las aves

Cuando el proceso de la crianza y engorde de los pollos llega a su fin, el sistema de automatización es capaz de imprimir el reporte de todas las acciones que se ha realizado diariamente en el interior del galpón, referente a la temperatura, calefacción, ventilación, alimentación, animales muertos en cada etapa de la producción.

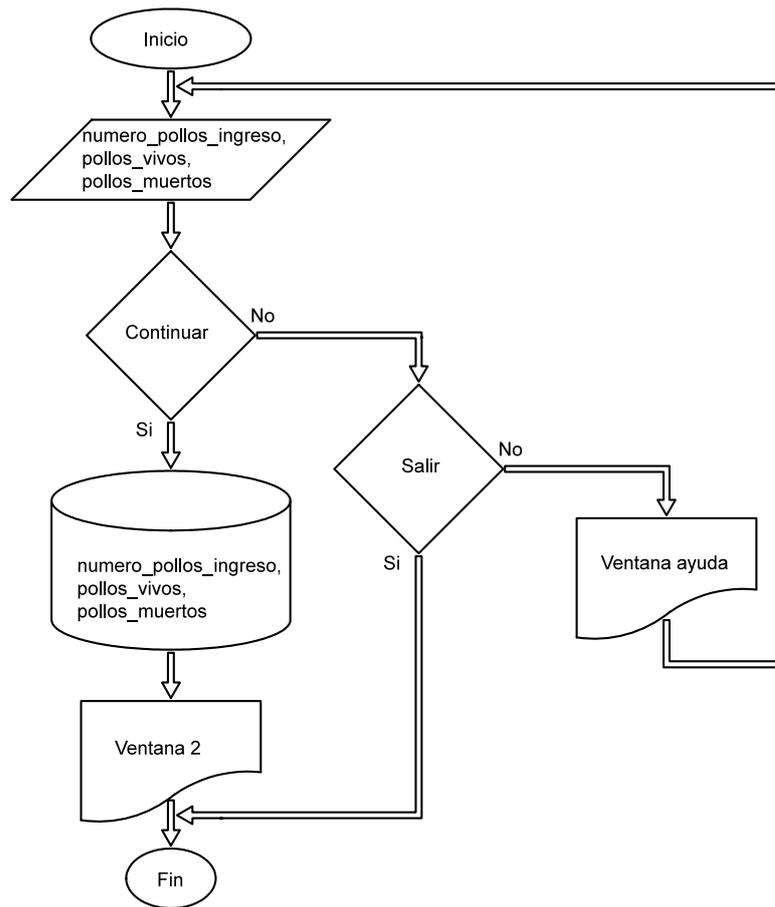


Fig. 11 Diagrama de flujos "Ventana1".

Fuente: Autor.

La primera ventana además de ser una presentación de la avícola (portada) permite que el usuario ingrese datos relevantes como el número de aves vivos y muertos al ingreso del galpón y el nombre de la incubadora de donde provienen los polluelos; estos datos de ingreso no pueden ser modificados ni eliminados posteriormente, el diagrama de flujo expuesto en la figura 11 explica el funcionamiento del mismo.

La segunda ventana sería la encargada de mostrar datos con relación a la temperatura medida por el sensor ds18b20, estas mediciones son comparadas con los datos establecidos para el encendido o apagado de los actuadores. La temperatura recomendada varía con relación al número de días de vida de los pollos mientras más días de vida tengan la temperatura disminuye, esto se ilustra en el diagrama de flujos que permite conocer el orden lógico del programa Fig. 12.

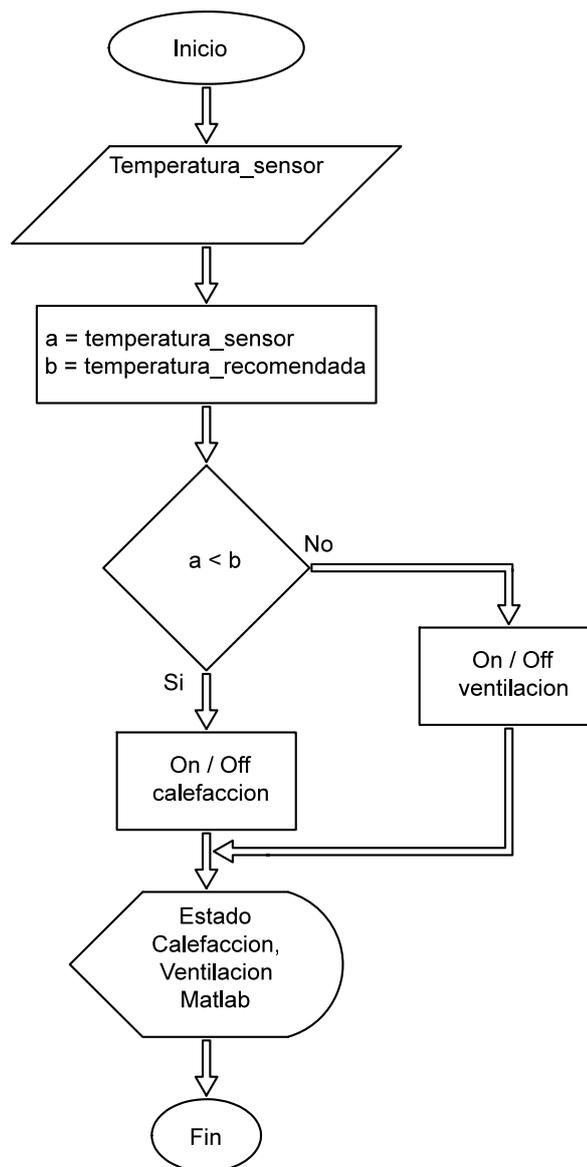


Fig. 12 Diagrama de flujo del sistema de Temperatura (calefacción, ventilación).
Fuente: Autor.

La información correspondiente al consumo de alimentos, cama de las aves y cantidad de pollos muertos diariamente se realiza en la tercera ventana correspondiente al registro de datos. Esto le permite al avicultor tener una estadística de lo que se utilice para la producción avícola, con la finalidad de tener un balance claro y preciso y sobre todo conocer el valor económico de la inversión que realice, el diagrama de flujo de la figura 13 nos indica la secuencia que debe seguir para el almacenamiento de estas variables.

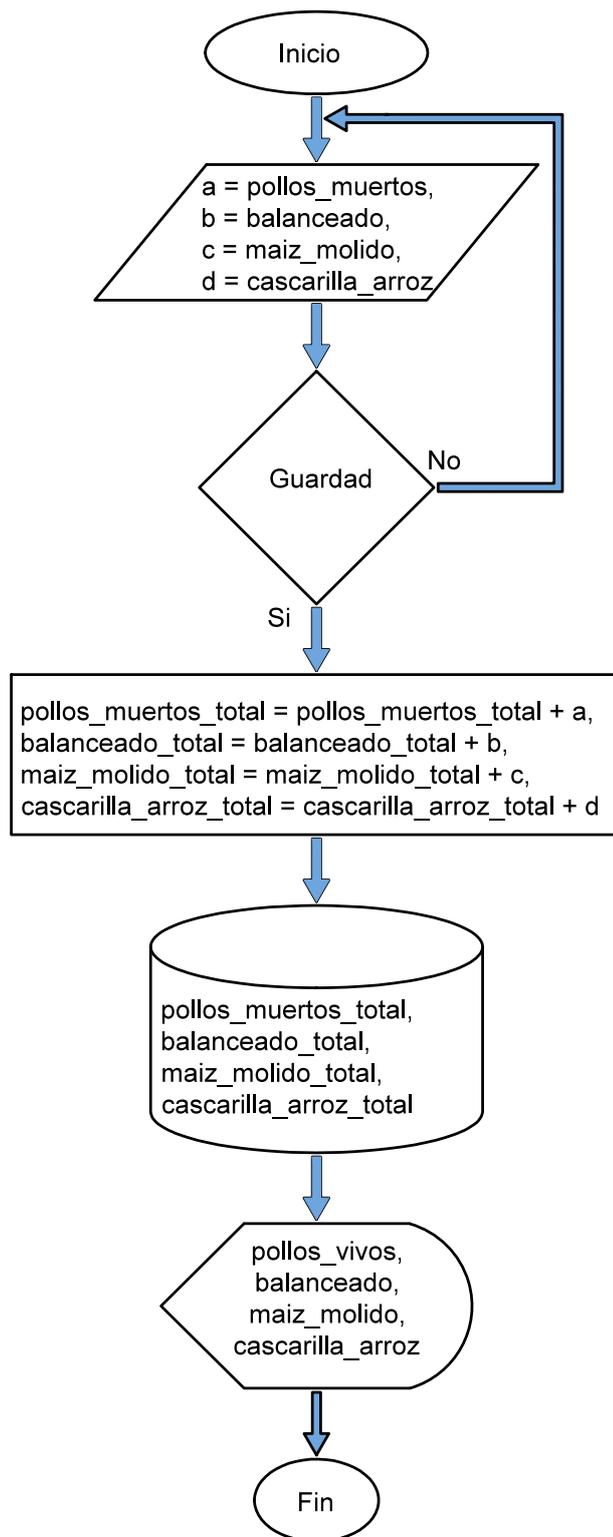


Fig. 13 Diagrama de flujo para el sistema de recolección de información, ventana registro.

Fuente: Autor.

2.7 Diseño final del sistema

El diseño para la automatización de un galpón de pollos está compuesto de cuatro etapas como es: medición (entrada), control (proceso), actuadores (salida) y visualización. En los primeros días de crecimiento de los pollos el galpón se divide en un determinado número de secciones dependiendo de la cantidad de polluelos y el área del galpón, generalmente en dos secciones, por tanto, es necesario que los dispositivos de entrada (sensor de temperatura) como de salida (calefacción) se muevan acorde al sistema de crecimiento acordado por el avicultor.

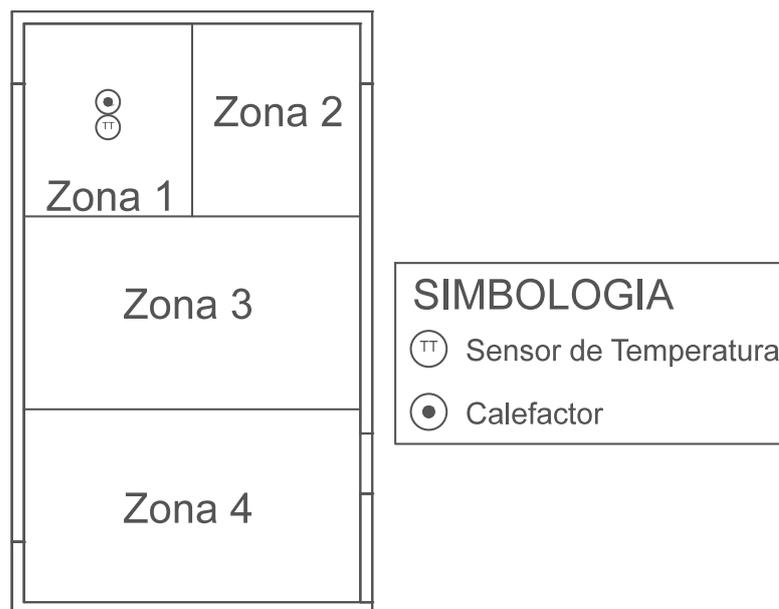


Fig. 14 Plano ubicación de sensor y calefactor.

Fuente: Autor.

Durante los primeros ocho días de crecimiento de los polluelos, el sensor de temperatura DS18B20 y la calefacción (campana) se ubicara en el centro de la zona1 como se observa en la Fig.14. A partir del día nueve se debe expandir la zona de crecimiento en las zonas 1 y 2, el sensor y actuador deben ser acomodados en el centro de estas dos zonas adecuadamente, cuando los polluelos tengas 21 días de vida la zona de crecimiento debe abarcar las zonas 1,2 y 3, de igual manera realizar los respectivos cambios, a los 28 días de crecimiento es recomendable expandir en su totalidad del galpón.

La placa Arduino Mega 2560 es el encargado de controlar los procesos que se desarrollen a lo largo de la producción, dicha placa estará conectado a un computador mediante un cable USB, para la toma de datos del sensor se utiliza el pin 12 (digital) de la placa, para los actuadores se utilizan los pines 7, 8, 9 para la luminaria, ventilación y

calefacción respectivamente; el control de los moto reductores se realiza mediante los pines 3, 4, 5, 6 digitales y el control de la velocidad mediante 10 y 11 PWM (Modulación de Ancho de Pulso).

El diseño final del sistema de automatización cumple con el orden lógico del siguiente diagrama de bloques figura 15.

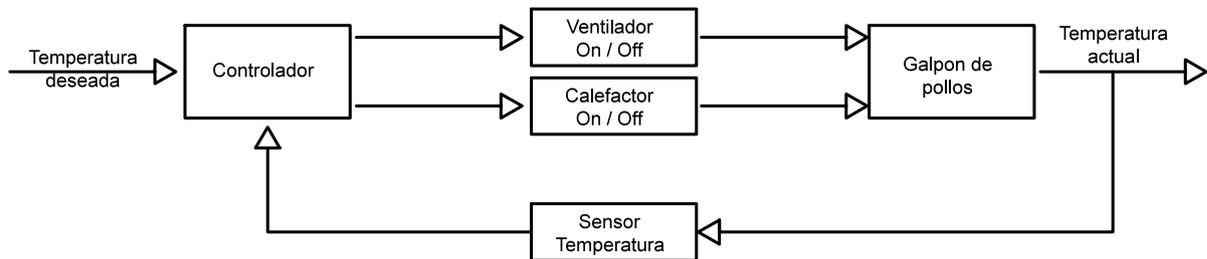


Fig. 15 Diagrama de control en bloques para funcionamiento de calefacción y ventilación.

Fuente: Autor.

El control automático de temperatura y luminaria en un galpón de pollos tiene como entrada el sensor ds18b20 encargado de medir la temperatura actual, la placa Arduino Mega 2560 es el centro de procesamiento y toma de decisiones por último los actuadores son la calefacción tipo campana, ventilador, motores reductores y una lámpara eléctrica de luz (foco), visualizado en la figura 16.

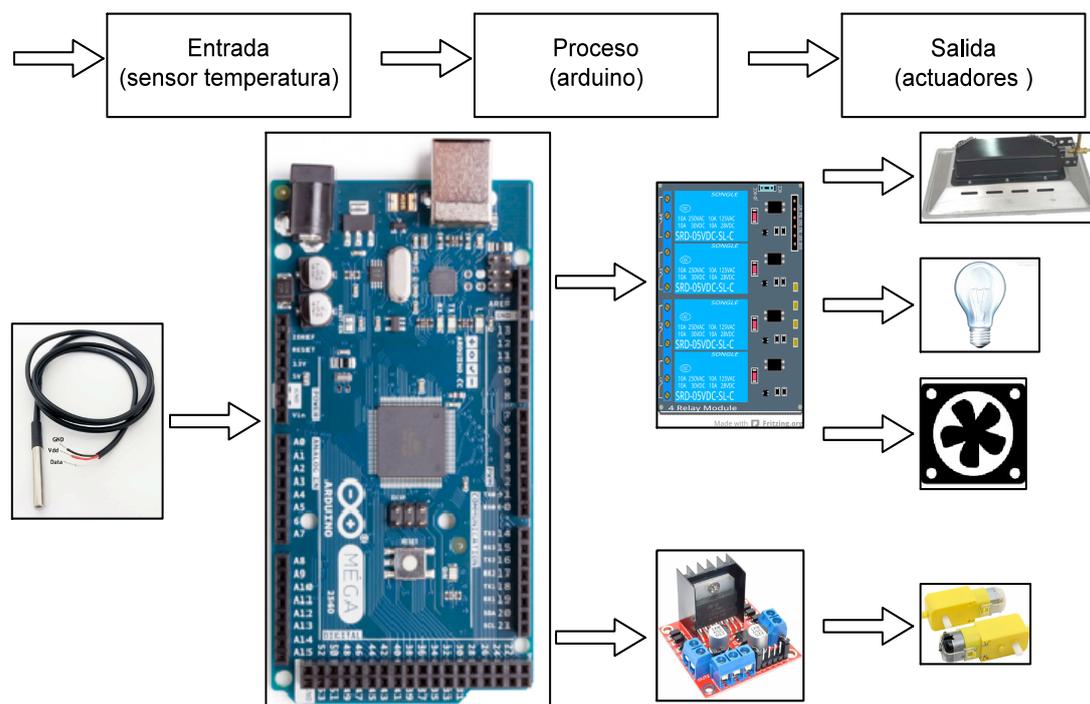


Fig. 16 Esquema de conexión procesador, actuadores, sensor.

Fuente: Autor.

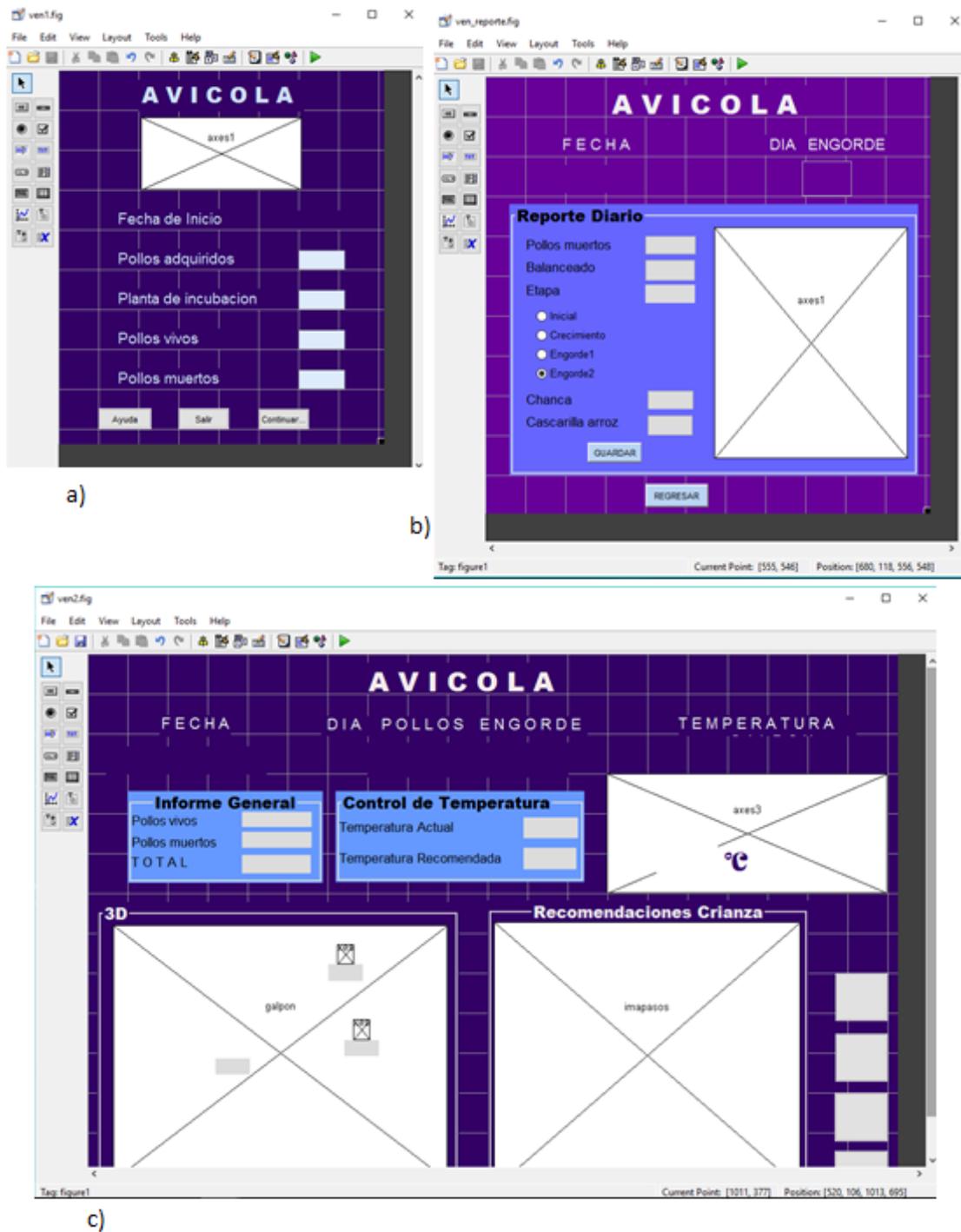


Fig. 17 Ventana Guide de matlab; a) ventana inicio, b) ventana registro de datos y c) ventana principal.

Fuente: Autor.

La comunicación del sistema automático con el usuario HMI (interface hombre-máquina) se realiza por medio de un Software diseñado en el entorno de programación visual (GUIDE) de Matlab. La adquisición de datos desde el sensor se realiza utilizando una comunicación

tipo serie (USB) entre la placa Arduino y Matlab, este último recibe datos, procesa los mismo y envía comandos a la placa Arduino señales para la activación o desactivación de los actuadores. Sin embargo, el sistema puede continuar funcionando sin la etapa de visualización de datos, es decir conexión con el ordenador.

2.7.1 Instrucciones de control del sistema automático

La primera ventana representa el inicio de la automatización, el avicultor debe completar información con respecto a la situación inicial de la camada de ingreso al galpón, el botón “Continuar” guarda los datos en una Base de Datos (BD) creada en Excel y permite acceder a la siguiente ventana.



Fig. 18 Ventana inicio.
Fuente: Autor.

La ventana numero dos nos brinda información relacionada a la estadística de los pollos vivos y muertos hasta la fecha, el control de los actuadores se realiza de manera automática (sistema con Arduino), el estado de los mismo se visualiza en replica de un galpón dibujado en 3D. La edad de los pollos es importante para cumplir con los parámetros de crecimiento establecido por el avicultor para ello, en la parte superior de la ventana esta un contador de tiempo separado en días, horas, minutos y segundos, iniciando desde el número uno correspondiente al primer día de la camada.

Las recomendaciones que debe seguir el avicultor para obtener una producción adecuada y óptima se puede visualizar a un extremo de esta ventana que varía según el número de días que tengan los polluelos.



a) Calefacción encendido, ventilador apagado

b) Calefacción apagado, ventilador apagado



c) Calefacción apagado, ventilador encendido.

Fig. 19 Ventana principal de automatización.

Fuente: Autor.

Al dar clic en el botón “Registro” de la ventana principal se abre la siguiente ventana en la cual se registrar los alimentos que son consumidos por las aves y el número de los mismos muertos diariamente esta información es almacenada en una Base de Datos (BD) de Excel al dar clic en Guardar, es necesario digitar el número de día que tienen las aves para de esa manera completar con lo establecido.

Fig. 20 Ventana “Registro de datos”.

Fuente: Autor.

CAPITULO 3

3 PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 Pruebas

Las pruebas de funcionamiento para el diseño de automatización se realizan en una maqueta, el sensor de temperatura DS18B20 conectado a la placa Arduino Mega 2560 R3 y los actuadores (ventilador, calefacción, cortinas y luminaria) conectados por medio de un módulo de cuatro relés y para el funcionamiento de los motores reductores se utiliza el L298N (modulo). Para lograr el correcto funcionamiento de estos elementos se procede a la realización de pruebas en dicha maqueta y de esa manera realizar la corrección y rectificación de los errores cometidos durante la ejecución de este diseño.

3.1.1 Pruebas de exactitud del sensor de temperatura

Para la verificación de exactitud y pruebas de funcionamiento del sensor ds18b20 se realiza 20 lecturas de dicho sensor y un termómetro de mercurio propio para la avicultura. Estas pruebas se realizan con diferentes niveles de temperatura, los dos dispositivos estarán sumergidos en un líquido (agua).



Fig. 21 Pruebas de exactitud sensor DS18B20.
Fuente: Autor.

Los resultados obtenidos de esta prueba se observan en la Tabla 3.

Tabla 3 Prueba exactitud temperatura.

N°	Termómetro de mercurio (°C)	Sensor DS18B20 (°C)	Error
1	38	38,35	0,35
2	32	32,36	0,36
3	31	31,46	0,46
4	30	30,44	0,44
5	29,50	29,94	0,44
6	29	29,32	0,32
7	28,50	28,75	0,25
8	28	28,50	0,50
9	27,50	28,00	0,50
10	27	27,37	0,37
11	23	23,12	0,12
12	22,50	22,87	0,37
13	22	22,19	0,19
14	21	21,12	0,12
15	20	20,31	0,31
16	18	18,19	0,19
17	14,50	15	0,50
18	13	13,13	0,13
19	9,50	10	0,50

20	9	9,43	0,43
Promedio de error			0,3425

Fuente: Autor.

Con la cual se puede deducir que el sensor de temperatura DS18B20 con respecto al termómetro de mercurio tiene un margen de error de 0,34 °C.

3.1.2 Prueba de funcionamiento de los actuadores

Las pruebas de funcionamiento de los actuadores se realizan en una maqueta que representa a un galpón de pollos, el control automático de iluminación, calefacción, ventilación y cortinas en esta maqueta nos permitirá establecer el correcto funcionamiento del sistema y realizar los ajustes necesarios para implementar en un galpón a escala real.

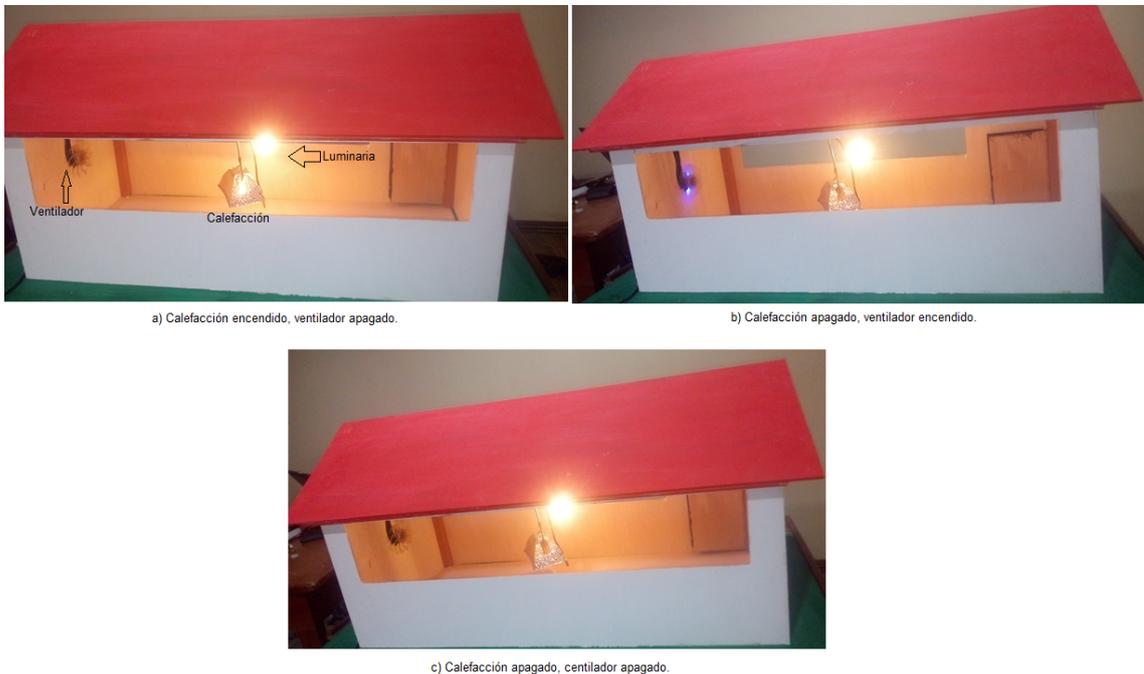


Fig. 22 Funcionamiento de los actuadores.

Fuente: Autor.

El funcionamiento del control automático se ejecutará durante dos días aproximadamente, 56 horas de funcionamiento del sistema, el periodo de crianza de los pollos es de 56 días, para lo cual con fines prácticos se realiza una escala de tiempo en donde una hora equivale a un día en el sistema de automatización. Los resultados se pueden observar en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4 Temperatura interior del galpón

Días Crecimiento	Temperatura Sistema automático	Temperatura Recomendada
1	33,3	34
2	33,8	33
3	32,2	33
4	31,9	32
5	31,5	32
6	31,3	31
7	31,8	31
8	31,3	30
9	31,5	29
10	29,2	29
11	29,7	29
12	29,2	28
13	28,9	28
14	27,3	27
15	27,5	27
16	27,1	26
17	26,8	26
18	26,2	25
19	25,9	25
20	25,3	24
21	24,7	24
22	23,8	23
23	23,5	23
24	23,1	22
25	22,7	22
26	22,1	22
27	21,8	22
28	21,5	21
29	21,2	21
30	20,8	21
31	20,4	20
32	19,8	20
33	19,5	20
34	19,3	19
35	19,5	19
36	19,1	19
37	18,8	19
38	18,5	18
39	18,9	18
40	18,4	18
41	18,2	18
42	17,8	18

43	18,3	17
44	17,8	17
45	17,6	17
46	17,2	17
47	17,5	17
48	17,6	17
49	17,9	17
50	17,2	17
51	17,4	17
52	16,8	16
53	16,5	16
54	16,2	16
55	16	16
56	15,5	16

Fuente: Autor.

El promedio de temperatura recomendada es 22,48°C [11] y el promedio de temperatura con el sistema automatizado es 22,94°C. El margen de error es de 0,46 °C.

3.1.3 Pruebas de la interfaz gráfica

Para las respectivas pruebas de funcionamiento de la interfaz gráfica se realiza con 10 personas que tienen conocimientos de la Avicultura, después de realizar todas las actividades pertinentes en el sistema automático las personas completan un cuestionario (Anexo 1), esto permite conocer las sugerencias de cada uno de estas personas para modificar la interfaz gráfica, con la finalidad de obtener un producto acorde a las necesidades del avicultor.

3.2 Resultados esperados y obtenidos

El diseño para la automatización de un galpón de pollos, permite que las aves tengan un ambiente confortable desde su primer día al interior del mismo con la automatización de ventilador, calefactor, iluminación y cortinas. El trato adecuado del avicultor con las aves es uno de los parámetros a considerar.

El encendido o apagado de la luminaria tardan en realizar su función con un retraso de tiempo de tres segundos, problema que no existe en el encendido o apagado de las calefacción y ventilador.

La temperatura deseada se obtiene después de 5,4 minutos que el sistema empiece su funcionamiento con el calefactor encendido, debido a que las pruebas fueron realizadas con una temperatura inicial de 17°C, este tiempo varia acorde a la temperatura de inicio. El

apagado del calefactor se realiza después de 5 minutos adicionales al tiempo establecido anteriormente, permanece apagado durante 2 minutos y posterior a este tiempo el ciclo es repetitivo cinco y dos minutos, encendido y apagado respectivamente.

La medición de la temperatura se realiza cada diez segundo, el funcionamiento de los actuadores cada un minuto. Cuando se termine el proceso de engorde de una determinada camada el avicultor puede conocer el número de sacos de alimentos consumidos a lo largo del proceso en cada etapa de producción y el número de aves muertas y vivos.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	DATOS INICIALES				Resumen								
2	Fecha de Inicio	20-Dec-2017			Pollos vivos	Pollos muertos			Balanceado 1	Balanceado 2	Balanceado 3	Maiz molido	Cascarilla arroz (u)
3	Pollos adquiridos		500		498		8	Peso kg	122	340	1464	315	19
4	Planta de incubacion				Total pollos vivos		490	Saco (recipiente) 40 kg	3.05	8.5	36.6	7.875	
5	Pollos vivos		498										
6	Pollos muertos		2										
7	Dia	Pollos muertos (u)	Balanceado (kg)	Etapas	Maiz molido (kg)	Cascarilla arroz (u)							
8	1	1	2	1	0	2							
9	2	0	2	1	0	0							
10	3	2	3	1	0	0							
11	4	0	3	1	0	0							
12	5	0	5	1	0	0							
13	6	1	5	1	0	1							
14	7	0	8	1	0	0							
15	8	0	8	1	0	0							
16	9	0	10	1	0	0							
17	10	0	10	1	0	0							
18	11	0	15	1	0	1							
19	12	0	15	1	0	0							
20	13	0	18	1	0	0							
21	14	0	18	1	0	0							
22	15	0	20	2	0	1							
23	16	1	20	2	0	1							
24	17	0	20	2	0	0							
--	--	--	--	--	--	--							

Fig. 23 Base de Datos en Excel.

Fuente: Autor.

3.3 Análisis Costo–Beneficio

La finalidad de la automatización es generar mayores ingresos económicos al emprendedor o productor, los pequeños y medianos productores de la avicultura tienen su capital limitado que impide realizar la contratación de personal adicional para un óptimo manejo de los utensilios avícolas.

La producción de los pollos de engorde está estrechamente relacionada con la temperatura al interior del galpón, debido a que el organismo de las aves metaboliza con mayor eficiencia los alimentos consumidos en masa corporal si el ambiente es confortable y adecuado.

El sistema automático de temperatura e iluminación incentiva que las aves consuman el alimento en las horas adecuadas bajo los parámetros de temperatura deseados, con esto se combatiría al problema de mayor presencia en las zonas altas del país que es la “ascitis” que conlleva a la muerte de las aves, se obtendrá mayor peso corporal en menor tiempo y menor cantidad de alimento.

Para conocer la viabilidad económica de este proyecto, debe conocer el tiempo de recuperación de la inversión, para lo cual es necesario realizar el análisis costo beneficio en la producción de un sistema manual ordinario con respecto al sistema automático.

3.3.1 Costo sistema manual

Los gastos de producción para una camada de 300 pollos es \$1238,3 dólares americanos, cuyo índice de mortalidad es de 8%, el precio por libra de pollos vivo es 0,90 dólares americanos, en 56 días de producción el peso neto de las aves es 5,5 libras en la tabla 5 y 6 se detalla el gasto total de producción y total ventas de carne respectivamente, la conversión de alimento (CA) permite conocer cuántos kilogramos de alimento es necesario para producir un kilogramo de carne, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación (3).

$$\text{Conversión} = (\text{alimento consumido total}) / (\text{peso camada total}) \quad (3)$$

$$\text{Ganancia} = \text{Total venta} - \text{Total gastos} \quad (4)$$

$$\text{Peso 2} = (2,21 * \text{Peso1}) / 1,85 \quad (5)$$

Tabla 5 Gastos para la producción pollos de engorde.

Descripción	Precio (\$)
Engorde 1	52
Engorde 2	154,8
Engorde 3	530
Maíz molido	170
Vacunas	12
GLP	12,50
Cascarilla arroz	27
Total gastos	958,3

Fuente: Autor.

Utilizando la ecuación 3 y los datos de las tablas 3 y 4, el índice de la conversión alimenticia (CA) es 2,21 dicho valor es elevado debido a que las aves no cuentan con un sistema de calefacción adecuado y la temperatura en la zona es baja (17°C

aproximadamente). El índice CA que se debe considerar para mejorar la producción es de 1,8 [12] considerando los parámetros de temperatura adecuados. Para conocer el valor de la ganancia se utiliza la ecuación 4, este valor es de \$407,9 dólares americanos para una camada.

Tabla 6 Venta de carne pollo.

Descripción	Cantidad
Pollos iniciales (u)	300
Pollos finales (u)	276
Peso Promedio (lb)	5,5
Peso Camada (lb)	1518
Costo libra pollo (\$)	0,90
Total venta (\$)	1366,2

Fuente: Autor.

3.3.2 Costo sistema automático

El sistema automático permite tener la temperatura adecuada para los pollos esto ayuda a disminuir el índice de mortalidad y mejorar el índice de conversión alimenticia. Para este proyecto se considera el índice de conversión alimenticia de 1,85 considerando el margen de error que tiene el sistema de automatización para alcanzar las condiciones óptimas de producción.

Este valor remplazaremos en la ecuación 3, y obtendremos los siguientes datos expresados en la tabla 7.

Tabla 7 Datos sistema automático.

Descripción	Cantidad
Conversión alimenticia 1	2,21
Conversión alimenticia 2	1,85

Peso 1 (lb)	1518
Peso 2 (lb)	1813,39

Fuente: Autor.

Considerando la camada de 300 pollos con peso total de 1518 libras en 56 días el peso 2 estimado sería de 1813,39 libras según la ecuación 5. La ganancia estimada para el sistema automático será de \$673,751 dólares americanos.

3.3.3 Costo inversión sistema automático

El costo de inversión para la implementación del sistema automático se puede visualizar en la Tabla 8.

Tabla 8 Costo inversión automatización.

DESCRIPCIÓN	U.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
Sensor temperatura	u	1	7	7
Módulo 4 relé	u	1	8	8
Luminaria (foco)	u	1	5	5
Ventilador	u	1	120	120
Calefactor gas	u	1	70	70
Electroválvula	u	1	20	20
Electrodo	u	1	12	12
Arduino mega 2560	u	1	70	70

Control motor LM298N	u	1	8	8
Motor reductor	u	2	5	10
Conexión eléctrica	u	20	8	160
CPU Intel Nuc 2.13ghz	u	1	300	300
Conductor de cobre flexible TW 14 AWG	m	100	0,3	30
Cables jumper	u	30	0,3	9
Fuente de alimentación	u	1	32	32
Cortina vinil 2,5m X 1,8 m	u	2	50	100
Poleas	u	4	10	40
Mano de obra	u	1	460	460
Precio TOTAL (\$)			1461	

Fuente: Autor.

El costo de la implementación del sistema automático es de \$1461 dólares americanos, la rentabilidad del sistema automático es \$673,751 y del sistema manual \$407,9 generando recursos económicos adicionales de \$265,85 dólares americanos, con estos datos se puede definir que la inversión se recuperara en cuatro camadas; considerando 56 días por camada y 15 días de descanso entre camadas. La inversión será recuperada en 275 días, 9 meses aproximadamente.

3.3.4 Análisis Valor Actual Neto (VAN) y TIR

Este indicador permite conocer si el proyecto a implementar es rentable y viable luego de descontar la inversión inicial, para lo cual utilizaremos una tasa de interés del 15% para un año, la duración que se estima para el proyecto es 9 meses la tasa de interés sería del 11%;

el valor del VAN es positivo \$9,93 dólares americanos. El valor del VAN es mayor a cero por lo tanto el proyecto es viable.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 11% en nueve meses, en el mercado financiero en el Ecuador la tasa de interés es igual o superior al 10% anual, por lo tanto, el proyecto es viable.

CAPITULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El diseño para la automatización de iluminación, ventilación y calefacción en una empresa avícola se realizó en una maqueta que puede ser implementada en un galpón real con todas las especificaciones establecidas, considerando que el proyecto es viable y sustentable considerando el análisis financiero (VAN y TIR).
- La automatización de la temperatura al interior de los galpones de pollos ha tomado gran impulso, sin embargo, estos equipos son muy costosos que impiden la implementación en los galpones de pequeña y mediana producción. Con este proyecto de investigación estos productores pueden adquirir un sistema automático accesible a su capacidad de pago.
- El sistema automático controla los procesos de encendido y apagado de la calefacción, iluminación y ventilación de manera precisa y en el momento indicado generando el ambiente confortable para las aves, garantizando así mayor producción con menor costo; con esto se estima que el índice de mortalidad disminuya hasta el 5% de las muertes provocadas por asfixia en los primeros días de crecimiento y la conversión de alimento en carne mejore hasta el 1,85 debido que los pollos metabolizan de mejor manera el alimento consumido en temperaturas estables, esto significa que la producción de carne incrementara hasta el 19% con respecto al sistema manual.

4.2 Recomendaciones

- Los pequeños y medianos productores de la avicultura utilizan varios cuartos de pequeñas dimensiones, sería de mucha importancia realizar esta investigación ligada al desarrollo de un micro sistema SCADA.
- Realizar el control de los actuadores mediante un sistema IOT (Internet of Things) Internet de las Cosas, las nuevas plataformas en la internet nos permiten controlar componentes eléctricos y electrónicos por medio de Arduino. La plataforma Cayenne de Mydevices permite monitorear la temperatura con el sensor DS18B20 proporcionando datos en tiempo real, el control de los actuadores se realiza de manera fácil y rápida sin necesidad de crear largos algoritmos de programación, esta aplicación es compatible con sistemas IOS y Androide para controlar desde un teléfono móvil.
- La plataforma Cayenne de Mydevices se puede conectar con un sistema de automatización creado en Arduino mediante el modulo wifi ESP8266, se recomienda utilizar este componente para establecer la comunicación y obtener un sistema de control remoto desde cualquier parte del mundo.
- Para implementar este diseño en un galpón de pollos ubicado en lugares con alta temperatura, sería de mucha importancia agregar sensores que midan el nivel de la humedad, ya que es allí en donde se tiene mayor presencia de este fenómeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cháfuel, D. O., & Salgado Flore , V. T. (Noviembre de 2014). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN GALPÓN DE POLLOS DE LA AVÍCOLA “LA ESPERANZA” .
- [2] Allauca Allauca, J. A., & Carrillo Trujillo, M. V. (2012). Atomatizacion de un galpón de pollos en la avicola "Reina del cisne" para evitar los cambios bruscos de temperatura y humedad relativa en el ambiente.
- [3] U., D. C. (2011). *AMBIENTE CONTROLADO EN GALPON PARA POLLOS DE ENGORDE* . Aditmaq Cía. Ltda. , División Pecuaria , Bucay .
- [4] LEMA, M. F. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL AUTÓNOMO DE TEMPERATURA EN UN GALPÓN AVÍCOLA* . UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO , Riobamba.
- [5] COBB. (31 de Agosto de 2008). Pollos de engorde. *Guia de manejo del pollo de engorde* .
- [6] Segura, J. C., & Chacón, E. P. (2014). *EL RECURSO SOLAR PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA*. Quito, Ecuador.
- [7] Arévalo, F. L. (2008). *INCIDENCIA DE ASCITIS EN UN CRIADERO DEL CANTON SIGSIG* . UNIVERSIDAD DEL AZUAY , FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA , Cuenca.
- [8] Commission, I. E. (2004).
- [9] Hy-Line International . (s.f.). *www.hyline.com*. Obtenido de hyline: http://www.hyline.com/userdocs/pages/TU_LIGHT_SPN.pdf
- [10] Sylvania. (s.f.). *www.sylvania.com.ec*. Obtenido de Sylvania: <http://www.sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2015/05/FULL-SPIRAL.pdf>
- [11] COBB. (31 de 08 de 2008). FAsE dE CrECIMIEntO . *Guía de Manejo del Pollo de Engorde* , 20.
- [12] González, O. N. (03 de 2016). Razas de pollos para engorde. . *Avicultura* , 73-74.

ANEXOS

ANEXO 1 CUESTIONARIO INTERFAZ GRÁFICA

Nombre: _____

1) **¿Es satisfactorio trabajar con el sistema?**

Si _____ No _____

¿Por qué? _____

2) **¿Responde rápidamente el sistema a sus acciones?**

Si _____ No _____

3) **¿Responde adecuadamente el sistema a sus acciones?**

Si _____ No _____

¿Qué no responde? _____

4) **¿Entiende la información que le proporciona la interfaz?**

Si _____ No _____

¿Cuál? _____

5) **¿Le es útil la información que le proporciona la interfaz?**

Si _____ No _____

¿Por qué? _____

6) **¿Existe alguna opción que no sabe lo que significa?**

Si _____ No _____

¿Cuál? _____

7) **¿Se ha encontrado usted con algún icono que no representaba la acción que esperaba?**

Si _____ No _____

¿Cuál? _____