

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE CRIADERO AUTOMÁTICO CON
AMBIENTE CONTROLADO DESTINADO A MEJORAR LOS ÍNDICES DE
PRODUCCIÓN DE HUEVOS EN LA COTURNICULTURA**

AUTOR:

JUAN FERNANDO PUSHUG GUACHO

TUTOR:

ANÍBAL ROBERTO PÉREZ CHECA

Quito, febrero de 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Juan Fernando Pushug Guacho, con documento de identificación N° 1723478325, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE CRIADERO AUTOMÁTICO CON AMBIENTE CONTROLADO DESTINADO A MEJORAR LOS ÍNDICES DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS EN LA COTURNICULTURA, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Juan Fernando Pushug Guacho

1723478325

Quito, febrero de 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación **DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE CRIADERO AUTOMÁTICO CON AMBIENTE CONTROLADO DESTINADO A MEJORAR LOS ÍNDICES DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS EN LA COTURNICULTURA** realizado por Juan Fernando Pushug Guacho, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero de 2017



Aníbal Roberto Pérez Checa

1711423440

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	viii
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del Problema	1
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos	2
1.4.1 Objetivo general	2
1.4.2 Objetivos específicos	2
CAPITULO 2	4
MARCO CONCEPTUAL	4
2.1 Coturnicultura	4
2.2 Aspectos generales de la codorniz	4
2.2.1 Madurez sexual	4
2.2.2 Productividad de la codorniz	4
2.2.3 Los huevos	5
2.3 El galpón	5
2.4 Iluminación	6
2.5 Ambiente	6
2.6 Manejo de las codornices	6
2.6.1 Limpieza	6
2.6.2 El agua	7
2.6.3 La alimentación	7
2.7 Bioseguridad	8
2.7.1 Buenas prácticas avícolas	8
2.7.2 Manejo de desechos	8
2.7.3 Manejo de aves muertas	8
2.7.4 Ingreso a las granjas	8
CAPÍTULO 3	10

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	10
3.1 Hardware	10
3.2 Jaulas	10
3.3 Tolva de alimentación	11
3.3.1 Dispensador de alimento	12
3.3.2 Carro de tolva y rieles	12
3.3.3 Mecanismo de desplazamiento	13
3.3.4 Sensores del conjunto de alimentación	14
3.4 Banda transportadora	14
3.5 Sistema de iluminación.....	15
3.6 Sistema de Hidratación.....	16
3.7 Sistema de Climatización	17
3.7.1 Calefacción.....	17
3.7.2 Extracción de calor	18
3.7.3 Ventilación	18
3.8 Tablero eléctrico	18
3.8.1 Protecciones eléctricas	19
3.9 Elección de la unidad de control	20
3.10 Tarjeta de control.....	21
3.11 Diagrama de instrumentación y tuberías P&ID.....	22
3.12 Software.....	24
3.13 Diagrama de flujo general del sistema	25
3.13.1 Diagrama de flujo de la subrutina de alarmas	26
3.14 Diagrama de flujo del sistema de iluminación	27
3.15 Diagrama de flujo del sistema de alimentación.....	27
3.16 Diagrama de flujo de la banda transportadora.....	29
3.17 Diagrama de flujo del sistema de llenado de tanque de agua	30
3.18 Diagrama de flujo del sistema de climatización.....	30
3.19 Diagrama de flujo de drenado de agua	32
CAPÍTULO 4	34
ANÁLISIS Y RESULTADOS	34
4.1 Análisis económico	34
4.1.1 Inversión en el Criadero Tradicional.....	34
4.1.2 Inversión en el Criadero Automático	36
4.1.3 Contraste entre la inversión del C. Tradicional y el C. Automatizado	38

4.2	Curva de producción de huevos	39
4.3	Promedio de producción de huevos	42
4.4	Índice de mortalidad	43
4.5	Flujo de Caja del criadero Automático	44
4.6	Flujo de Caja del criadero tradicional	45
4.7	Comparación del flujo de caja entre el C. Tradicional y el C. Automático	45
CONCLUSIONES		46
RECOMENDACIONES		48
REFERENCIAS		50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Curva de producción de huevos según la edad.	5
Figura 3.1. Diseño de Jaulas.....	11
Figura 3.2. Diseño del conjunto de alimentación.....	11
Figura 3.3. Carro de tolva, rieles, poleas.....	13
Figura 3.4. Cálculo de fuerza requerida para mover la tolva	13
Figura 3.5. Diseño de la banda transportadora.....	15
Figura 3.6. Diseño del sistema de hidratación	16
Figura 3.7. Elementos del tablero eléctrico	19
Figura 3.8. Tarjeta de control.....	22
Figura 3.9. Diagrama de instrumentación	23
Figura 3.10. Diagrama de flujo del sistema general.....	25
Figura 3.11. Diagrama de flujo de la subrutina de alarmas.....	26
Figura 3.12. Diagrama de flujo del sistema de iluminación.....	27
Figura 3.13. Diagrama de flujo del sistema de alimentación.....	28
Figura 3.14. Diagrama de flujo de la banda transportadora	29
Figura 3.15. Diagrama de flujo del sistema de llenado de tanque	30
Figura 3.16. Diagrama de flujo de la temperatura interior	31
Figura 3.17. Diagrama de flujo de la temperatura exterior	32
Figura 3.18. Diagrama de flujo de drenado de agua	33
Figura 4.1. Gráfica de producción de huevos del primer mes.....	39
Figura 4.2. Gráfica de producción de huevos del segundo mes	40
Figura 4.3. Gráfica de producción de huevos del tercer mes	41
Figura 4.4. Gráfica de producción de huevos del cuarto mes	41
Figura 4.5. Gráfica de producción de huevos del quinto mes	42
Figura 4.6. Gráfica de promedio de producción mensual de cada criadero.	43
Figura 4.7. Gráfica de la mortalidad por meses	43
Figura 4.8. Gráfica del índice de mortalidad general.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Requerimientos nutricionales para codornices de producción.....	7
Tabla 3.1. Descripción del P&ID	24
Tabla 4.1. Lista de materiales ocupados en el criadero tradicional	34
Tabla 4.2. Costos de aves, balanceado y vitaminas del criadero tradicional.	35
Tabla 4.3. Costos adicionales del criadero tradicional.	35
Tabla 4.4. Inversión total en el criadero tradicional.	36
Tabla 4.5. Lista de materiales ocupados para la estructura del criadero Automático.	36
Tabla 4.6. Costos de materiales eléctricos utilizados en el criadero automático.	37
Tabla 4.7. Costos de mano de obra y desarrollo de ingeniería.....	37
Tabla 4.8. Costos de aves, balanceado y vitaminas del criadero automático.	38
Tabla 4.9. Inversión total en el criadero Automático.	38
Tabla 4.10. Inversión por codorniz en cada criadero.	39
Tabla 4.11. Flujo de caja del criadero automático.	44
Tabla 4.12. Flujo de caja del criadero tradicional.	45

RESUMEN

El presente proyecto técnico al notar que la coturnicultura es una actividad con buena proyección, de pronta recuperación del capital, pero carente de tecnificación en sus procesos, se opta por desarrollar un prototipo de criadero automático para corregir las deficiencias que se dan en la producción tradicional sin tecnificación.

El proyecto parte de recopilar información sobre el cuidado y manejo de codornices, para de esta manera identificar cuáles son las condiciones en las que se deben mantenerlas durante su período de postura. Teniendo en consideración todos los aspectos del cuidado de codornices, se procedió a desarrollar el prototipo de criadero automático, el cual se encargué de mantener condiciones óptimas en cuanto a: hidratación, alimentación, climatización, iluminación y salubridad, con la finalidad de aumentar la producción de huevos y disminuir la mortalidad. Para esto en el código del programa se establecen parámetros que el sistema de control mediante la lectura de los sensores y el procesamiento de los datos, efectué acciones de control a fin de mantener las condiciones establecidas. Con este proyecto también se disminuye el número de horas que la persona encargada tiene que invertir en el criadero.

Para ver la viabilidad del proyecto durante cinco meses se recopiló información de la producción de huevos del criadero tradicional como del criadero automático, encontrándose que el prototipo a pesar de requerir mejoras muestra un importante aumento en la producción de huevos, así como también logra una reducción considerable en la mortalidad.

ABSTRACT

The present technical project, noting that coturniculture is an activity with good projection, of early capital recovery, but the process of technology in its processes, opens to develop a prototype of automatic kennel to correct the deficiencies that occur in the Traditional production

The project is part of the information collected on the care and management of quail, in this way identifies what are the conditions in which they are during the laying period. Taking into account all the feet of quail care, the process has developed automatic crime, which has been imprisoned to maintain optimal conditions for: hydration, feeding, air conditioning, lighting and sanitation, with the Purpose of increasing egg production and decreasing mortality. For the program code, the parameters are set that the control system by reading the sensors and processing the data, performed control actions and in order to maintain the conditions established. This project also reduces the number of hours that the person in charge has to invest in the hatchery.

In order to see the viability of the project for five months, the information on the production of traditional kennel eggs and the automatic kennel was collected, finding that the prototype of a requirement for improvement shows a significant increase in egg production, as well as Considerable in Mortality.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de control automáticos desde sus inicios han sido implementados para mejorar la productividad y eficiencia de los procesos, optimizando recursos y mejorando la rentabilidad, algo que no sucede en la Coturnicultura (cuidado y manejo de codornices), ya que en Ecuador al ser una actividad relativamente nueva, carece de tecnificación en sus procesos de crianza y producción de huevos.

La Coturnicultura toma interés cada vez más debido a que el ser humano, como consumidor busca alternativas alimenticias nutritivas y saludables, y como productor busca oportunidades de desarrollo económico con buenos beneficios. Es así como esta actividad va ganando popularidad, debido a que los huevos de codorniz son altos en nutrientes, bajos en colesterol, y la producción empieza a los 35 días de nacida el ave, además, se puede aprovechar sub productos como: carne, plumas, y excremento.

Al notar estas características en la coturnicultura, surge el interés de crear un prototipo de criadero automático con ambiente controlado, el cual corrija las deficiencias de un cuidado tradicional con el objetivo de mejorar la producción de huevos y reducir la mortalidad.

En el Capítulo 1, se encuentra el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos que se han planteado para llevar a cabo el proyecto.

En el Capítulo 2, se encuentra el marco teórico donde se recopila toda la información sobre el cuidado y manejo de codornices.

En el Capítulo 3, se tiene el desarrollo del hardware y software.

Finalmente en el Capítulo 4 se encuentra el análisis de la información y los resultados que se han obtenido en el período de estudio.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Tema

Desarrollo de un prototipo de criadero automático con ambiente controlado destinado a mejorar los índices de producción de huevos en la Coturnicultura.

1.2 Planteamiento del Problema

La cotornicultura es una actividad que ha venido desarrollándose en Ecuador desde hace aproximadamente 25 años en varias provincias. Con infraestructura inadecuada y escasos conocimientos técnicos. Una actividad comercial con buen rendimiento que podría mejorar los niveles de producción automatizando sus procesos.

El presente diseño de proyecto técnico tiene como objetivo mejorar el sistema de producción de la Coturnicultura mediante un criadero automatizado que mantenga un ambiente controlado independiente de las condiciones ambientales exteriores. Para mejorar los índices de producción se van a controlar diversas variables como son: temperatura, iluminación, control de nivel de agua en el tanque, y suministro de comida.

Habiendo revisado varios artículos sobre Coturnicultura se ha recopilado suficiente información para saber que las codornices son muy nerviosas, necesitan 16 horas de luz/día, se les debe suministrar alimento y agua fresca diariamente, la temperatura ambiente óptima debe estar comprendida entre 18 – 22°C, y todas las actividades (recolección de huevos, limpieza, alimentación, etc.), deben llevarse a cabo a la misma hora todos los días para acostumbrar al ave y evitar estrés que produciría una baja en la producción.

Para contrastar si la automatización del galpón aumenta los niveles de producción, se llevara a cabo dos galpones con 50 ejemplares de cinco semanas, 50 hembras y 5 machos por galpón. El uno será completamente artesanal, mientras que el otro será totalmente automatizado. El estudio será llevado durante 4 meses, tiempo que sumado a la edad de la codorniz supera con más de un mes el pico de producción que alcanza la codorniz, que es a los 120 días de nacida. Se determina este tiempo para verificar si

la producción de huevos se mantiene cuando el ave ha alcanzado su pico de producción. El proyecto será llevado a cabo en la provincia de Pichincha.

1.3 Justificación

La Coturnicultura es una actividad carente de tecnología que en los últimos años ha ganado popularidad gracias a que la carne y los huevos de codorniz presentan un alto contenido proteínico y son bajos en colesterol.

La crianza de la codorniz de postura requiere cuidados especiales por parte de la persona encargada de realizar las actividades dentro del criadero, cuidados que no son llevados a cabo adecuadamente, encontrándose deficiencias en la limpieza de excrementos, la alimentación, en evitar cambios bruscos de temperatura, y en la iluminación. Teniendo con esto altos índices de mortalidad y siendo ineficientes en el gasto de energía eléctrica, por ejemplo cuando hay suficiente luz natural y se tiene encendida las luminarias, o cuando la temperatura es la adecuada y se mantienen encendidos los calefactores/ventiladores.

Por tal motivo se hace necesario el desarrollo del presente proyecto técnico de un criadero automático, que controle y corrija las deficiencias de la Coturnicultura artesanal. Además de contribuir a mejorar los índices de producción para satisfacer la demanda de una población humana cada vez más ansiosa de productos sanos y nutritivos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo de criadero automático con ambiente controlado destinado a mejorar la producción de huevos en la Coturnicultura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar las variables críticas que intervienen en el proceso para mantener condiciones óptimas dentro del criadero.
- Implementar los sistemas de medición de las variables determinadas dentro del proceso, así como los actuadores para llevar a cabo un control retroalimentado.

- Diseñar un sistema de control automático que adquiriera todas las variables del proceso para efectuar acciones de control con el mínimo de error.
- Comparar la producción de huevos entre un corral artesanal y uno automatizado para verificar mejoras en la producción.

CAPITULO 2

MARCO CONCEPTUAL

2.1 Coturnicultura

“Se llama Coturnicultura a la actividad zootécnica que contempla la cría de codornices, bajo condiciones controladas por el hombre, con fines reproductivos y comerciales” (Martínez & Ballester, 2004, pág. 4).

2.2 Aspectos generales de la codorniz

La codorniz es un ave migratoria originaria de China que gracias a sus bondades alimenticias fue ganando popularidad hasta convertirse en un ave doméstica, destinada a la producción de carne y huevos. Existen varias especies de codornices, pero por su característica de alto rendimiento en producción de huevos, la *coturnix coturnix japónica* es la subespecie más apta.

En cuanto a su fisionomía a la hembra se la puede distinguir por tener un pecho crema con pigmentación de color negro y por ser un poco más grande que el macho, a este se lo distingue por tener todo el pecho de color café.

2.2.1 Madurez sexual

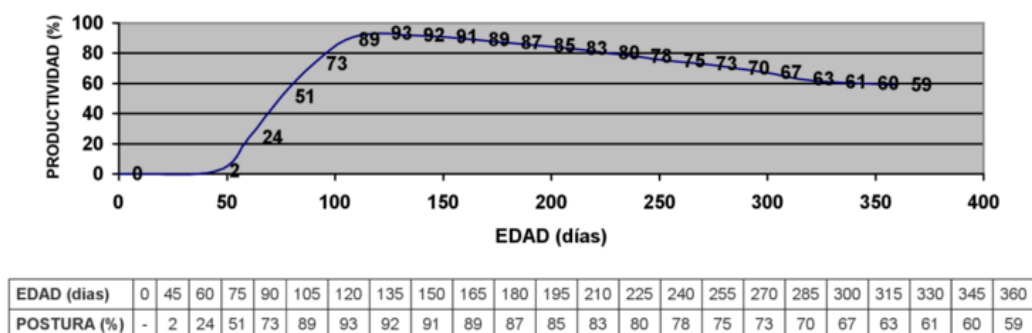
Martínez & Ballester (2004) menciona. “Estas aves llegan rápidamente a la edad reproductiva. Los machos lo hacen alrededor de las 5 o 6 semanas de edad (35 a 42 días) y las hembras comienzan a poner a los 40 días de nacida” (pág. 21). Teniendo al inicio de la postura huevos de tamaños irregulares. Además, el canto del macho incentiva la postura, por eso es necesario tener codornices macho cerca al galpón.

2.2.2 Productividad de la codorniz

La codorniz es un ave altamente productiva, desde que empieza a poner paulatinamente va incrementando la producción de huevos. Es así, como a los 120 días alcanza el pico de producción, tiempo en el cual la codorniz puede llegar a poner hasta 2 huevos diarios durante un período de cuatro a seis semanas (Rodríguez, CRIA DE CODORNICES PARA PEQUEÑOS EMPRENEDORES, s.f.).

En la Figura 1.1 se puede apreciar el incremento de producción de huevos conforme la edad del ave.

Figura 2.1. Curva de producción de huevos según la edad.



Gráfica de la productividad respecto a la edad del ave. Fuente: (Rodríguez, CRIA DE CODORNICES PARA PEQUEÑOS EMPRENEDORES, s.f.).

2.2.3 Los huevos

Los huevos pueden ser recolectados dos veces al día; en la tarde, y en la mañana los que han quedado del día anterior. Estos aunque no necesitan refrigeración tienen que ser almacenados en un lugar fresco y seco donde no reciba luz directa del sol.

Los huevos de codorniz son recomendados para niños y ancianos con deficiencias alimenticias por ser una fuente alta de vitaminas y minerales (Uzcátegui, 2002).

El tiempo de consumo recomendado a temperatura ambiente es de 30 días, aunque esto se puede extender hasta los 45 días si se tiene en refrigeración (Rodríguez, CRIA DE CODORNICES PARA PEQUEÑOS EMPRENEDORES, s.f.).

2.3 El galpón

El criadero o galpón donde van a ser alojadas las codornices debe tener buena ventilación, iluminación, y en lo posible recibir luz natural directamente sobre las codornices. Debe poseer ventiladores o cortinas para manejar la temperatura dentro del galpón, además, los orificios deben ser cubiertos con malla para evitar el acceso de depredadores o aves ajenas que traigan consigo enfermedades (Martínez & Ballester, 2004).

2.4 Iluminación

Las codornices son sensibles al fotoperíodo, por tal motivo necesitan luz artificial adicional, Uzcátegui (2002) menciona que se les debe proporcionar 16 horas de luz entre natural y artificial para estimular al ovario a la producción de folículos maduros.

2.5 Ambiente

La codorniz es sensible a cambios bruscos de temperatura, por tal motivo se debe evitar fluctuaciones altas de temperatura dentro del galpón. La temperatura ideal se encuentra comprendida entre 18°C y 24°C con ambiente seco. Debe procurarse que en la noche la temperatura no baje los 12 grados, ya que esto afectaría a la postura o produciría que las aves se resfríen (Rodríguez, CRIA DE CODORNICES PARA PEQUEÑOS EMPRENDEDORES, s.f.).

2.6 Manejo de las codornices

El proceso de crianza se llevara a cabo a partir de codornices de cinco semanas de edad, que es el tiempo en el cual las codornices empiezan su período de postura. El local o galpón donde se alojarán las aves deberá ser desinfectado dos semanas antes de recibir las codornices con una solución a base de yodo, eliminando con esto agentes patógenos o bacteriológicos que pudieran encontrarse en el sitio.

Las actividades dentro del galpón deben desarrollarse a la misma hora todos los días, la persona que ingrese a la localidad debe llevar siempre la misma vestimenta y procurar que sea la misma todos los días, además, las actividades tienen que realizarse sin movimientos bruscos, esto con la finalidad de acostumbrar a las codornices y generar el mínimo de stress (Uzcátegui, 2002).

2.6.1 Limpieza

Algo fundamental en el cuidado de codornices es el aseo de las instalaciones, de comederos, bebederos, tanques de agua, así como una adecuada recolección de excrementos. Si se tiene un deficiente manejo de excrementos el amoniaco presente en las heces puede afectar la salud de las codornices. Los tanques de agua comederos y bebederos deben limpiarse por lo menos una vez al mes con el afán de prevenir la formación de bacterias (Martínez & Ballester, 2004).

2.6.2 El agua

Como todo ser vivo, el agua es algo fundamental, a las codornices se les debe proporcionar agua potable fresca, sin contaminantes, en lo posible no dejar estancada el agua por muchos días, ya que al no fluir agua por las cañerías en estas se pueden formar hongos provocando trastornos digestivos e incluso infecciones intestinales.

2.6.3 La alimentación

Algo importante en la producción de huevos es una correcta alimentación y ésta depende de la edad del ave, es así como para codornices de cinco semanas en adelante, período en el cual empiezan a poner huevos se tiene que proporcionarles balanceado de producción, mismo que es rico en nutrientes y minerales necesarios para la cumplir con los requerimientos nutricionales del ave en su fase de postura.

Los nutrientes necesarios en la fase de postura según Rodríguez son los que se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla 2.1. Requerimientos nutricionales para codornices de producción

COMPONENTE	CANTIDAD	COMPONENTE	CANTIDAD
E.M./Kg.	2800	Yodo	0,30%
Proteína	24%	Glis+Ser	1%
Calcio	2,30%	Lisina	0,64%
Fósforo	0,50%	Met+Cist	0,55%
Sodio	0,15%	Ácido Linol	1,00%
Cloro	0,11%	Colina	1999 mg.

Tabla de requerimientos nutricionales y bacteriológicos para codornices en etapa de producción.

Fuente: (Rodríguez, CRIA DE CODORNICES PARA PEQUEÑOS EMPRENDEDORES, s.f.),

Elaborado: El autor.

La cantidad de alimento que se le tiene que suministrar a cada codorniz es 25 gr. por día, teniendo un peso por ave entre 110 y 120 gr, que es un peso recomendable para la codorniz. Si el ave se encuentra fuera de este rango de peso, es recomendable aumentar o disminuir en un 10% la cantidad de alimento dependiendo el caso (Rodríguez, CRIA DE CODORNICES PARA PEQUEÑOS EMPRENDEDORES, s.f.).

2.7 Bioseguridad

“Conjunto de prácticas de manejo orientadas a prevenir enfermedades. Además, de brindar garantía al proceso bajo el cual los productos avícolas (carne y huevos) destinados para consumo humano fueron producidos” (Agrocalidad, 2013).

Es decir que son normas que se deben llevar a cabo dentro de cada granja avícola para garantizar un producto de calidad, sano y nutritivo al consumidor, así como garantizar la salud del personal, un ambiente cómodo para las aves, un manejo adecuado de desechos siendo responsable con el medio ambiente.

2.7.1 Buenas prácticas avícolas

Prácticas orientadas a mejorar los métodos convencionales de producción y manejo en la granja, poniendo énfasis en la prevención y reduciendo las repercusiones negativas sobre el ambiente, la fauna, la flora, y la salud de los trabajadores (Agrocalidad, 2013).

2.7.2 Manejo de desechos

Los excrementos de las aves deben ser tratados antes de utilizarse como fertilizantes orgánicos, para esto se debe realizar un proceso térmico con el fin de eliminar los microorganismos patógenos (Agrocalidad, 2013).

El lugar destinado para este proceso debe ser alejado del galpón y cercado para evitar el ingreso de animales, además se debe tapar para aumentar la temperatura y disminuir la emanación de gases.

2.7.3 Manejo de aves muertas

Las aves que mueran no deben ser desechadas en la basura común, ni en quebradas, para esto se debe construir fosas aisladas y alejadas del galpón evitando lixiviación que pueda contaminar fuentes de agua (Agrocalidad, 2013).

2.7.4 Ingreso a las granjas

El ingreso a las granjas tiene que ser estricto y solo debe ser permitido a personas autorizadas, cada granja debe tener personal permanente para efectuar las tareas de la granja, los mismos que no podrán trabajar en otras granjas avícolas, porcinas, o de cualquier otra especie, ya que en la vestimenta o en el calzado pueden traer bacterias,

epidemias que pueden estar presentes en las otras localidades. Antes de entrar al interior del galpón, los cuidadores deberán desinfectar su calzado en pediluvios, los mismos que contienen una solución a base de yodo para neutralizar cualquier agente infectocontagioso que pudiere encontrarse en los zapatos, en el caso de que personas por algún motivo quieran ingresar al interior del galpón se les tendrá que suministrar mandiles y botas (Agrocalidad, 2013).

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se muestra el diseño, construcción y puesta en marcha de los sistemas que se encargarán de cuidar a las codornices durante el período de producción. Se divide en hardware, donde se describe la parte estructural fija, móvil, motores empleados, sensores y la tarjeta controladora. Y el software donde se describe los procesos de adquisición de datos de los sensores, el procesamiento de esta información y sus respectivas acciones de control.

3.1 Hardware

La estructura metálica para albergar a las codornices, así como sus sistemas de alimentación, hidratación, iluminación, ventilación/calefacción, y extracción de excrementos, son diseñados de tal forma que puedan ser desmontables con la finalidad de facilitar la limpieza, generen un mínimo de ruido, y fundamentalmente que sean sistemas confiables y seguros.

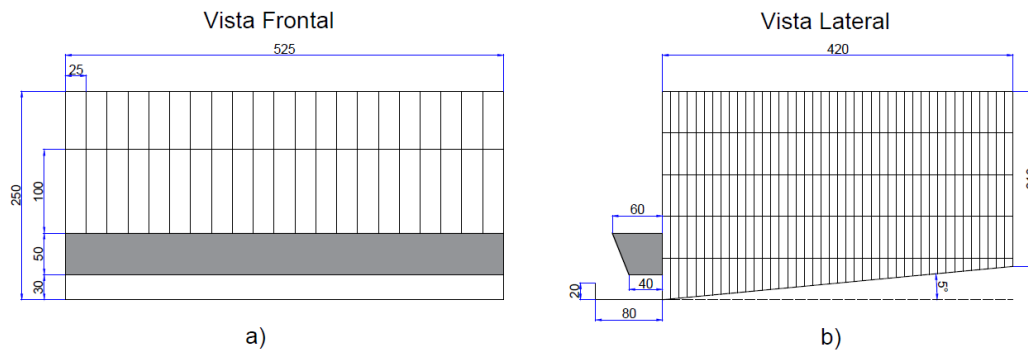
3.2 Jaulas

Son los habitáculos que alojan a las codornices durante todo su período de postura, por tal motivo deben ser seguros, confortables y resistentes. La separación de la malla del piso no debe sobrepasar de un centímetro, ya que las aves se pueden fracturar sus patas al caer por la abertura si esta fuese mayor. La parte delantera entre reja y reja debe tener una separación de 25 mm para que puedan sacar la cabeza y comer con facilidad.

Las dimensiones de las jaulas están hechas en base a jaulas comerciales con medidas estándar, pero dado que en lugar de comprar se construyeron las medidas variaron. Al encontrar en el mercado una malla que cumpla con todas las especificaciones las medidas que resultaron son las descritas en la Figura 3.1.

Con estas medidas se optimizan los recursos, logrando un mínimo de cortes que al final resulta una menor cantidad de desperdicio y por ende un coste menor de manufactura.

Figura 3.1. Diseño de Jaulas



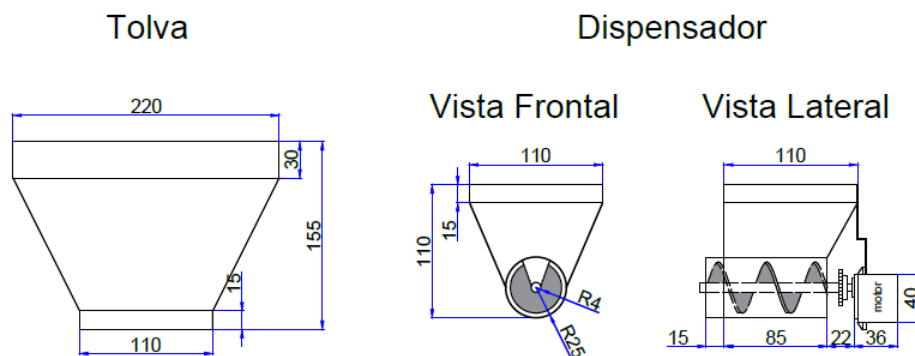
Medidas y ángulo de inclinación para las jaulas. Elaborado por: El autor.

En la Figura 3.1 b) se puede apreciar una inclinación de 5 grados con la finalidad que los huevos caigan hacia la parte delantera de la jaula para una fácil recolección de los mismos.

3.3 Tolva de alimentación

La tolva de alimentación está construida en forma cuadrada facilitando la manufactura de la misma, en comparación a realizar en forma de embudo cilíndrico que es más complicada hacerla, en la Figura 3.2 se muestra sus dimensiones. La capacidad de la tolva está diseñada para almacenar 5000 gr. de alimento, como el consumo de alimento diario por codorniz es 25 gr. y dentro del galpón están alojadas 75 codornices, se tiene un consumo diario de 1880 gr. de alimento. Entonces, con la capacidad de la tolva se puede suministrar comida a las codornices durante dos días seguidos antes de tener que recargar.

Figura 3.2. Diseño del conjunto de alimentación



Medidas de la tolva y dispensador de alimento. Elaborado por: El autor.

La tolva está diseñada con su parte superior más ancha que en la inferior con la finalidad de obstruir la cantidad de alimento que cae al dispensador evitando de esta manera forzar al motor. Está construida de tol galvanizado, permitiendo que el alimento resbale libremente desde la parte superior hasta la parte inferior con facilidad, además, ayuda a la limpieza.

3.3.1 Dispensador de alimento

El dispensador de alimento está unido en la parte inferior a la tolva, este mediante un tornillo sin fin descarga el alimento contenido en la tolva a través de un conducto, y mediante un movimiento lineal de todo el conjunto ir surtiendo alimento a lo largo del comedero.

El eje del tornillo sin fin esta acoplado a un servo que opera como motor DC con caja reductora que genera 10000 gr. de torque a 6V, mismo que es suficiente para dispensar alimento, que en su máxima capacidad el peso del balanceado es de 5000 gr. Para variar la cantidad de alimento que cae al comedero se tiene que variar la velocidad de rotación del tornillo dispensador de alimento.

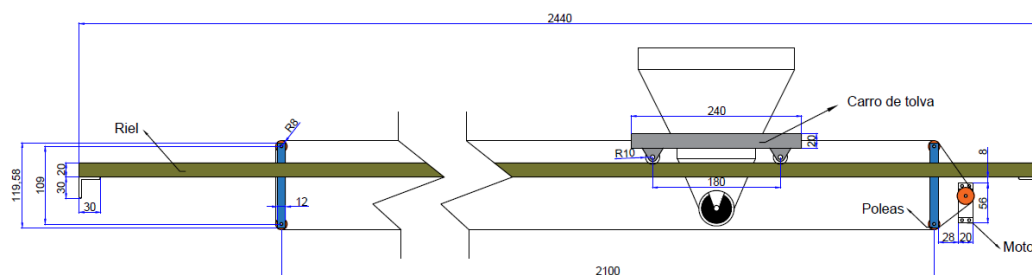
El tornillo dispensador fue diseñado y construido dentro de un tubo PVC de dos pulgadas con la finalidad de utilizar acoples comerciales de PVC, y también para evitar posibles atascamientos del alimento. Las medidas del dispensador de alimento se pueden apreciar en la Figura 3.2.

3.3.2 Carro de tolva y rieles

Todo el conjunto de alimentación se soporta sobre un carro que le permite moverse linealmente a través de los rieles, la estructura del carro y de los rieles es de acero de 3 mm, suficiente para soportar 8000 gr. sin flexionarse en la parte media de la estructura.

Las ruedas del carro son de acero con un sesgo en la mitad para montar sobre los rieles y permitir que el carro vaya en línea recta, pero por seguridad para evitar posibles descarrilamientos el conjunto cuenta con ruedas auxiliares en la parte inferior que impiden que las ruedas del carro se salgan del riel. En la Figura 3.3 se muestran las medidas y la manera en como esta construido.

Figura 3.3. Carro de tolva, rieles, poleas



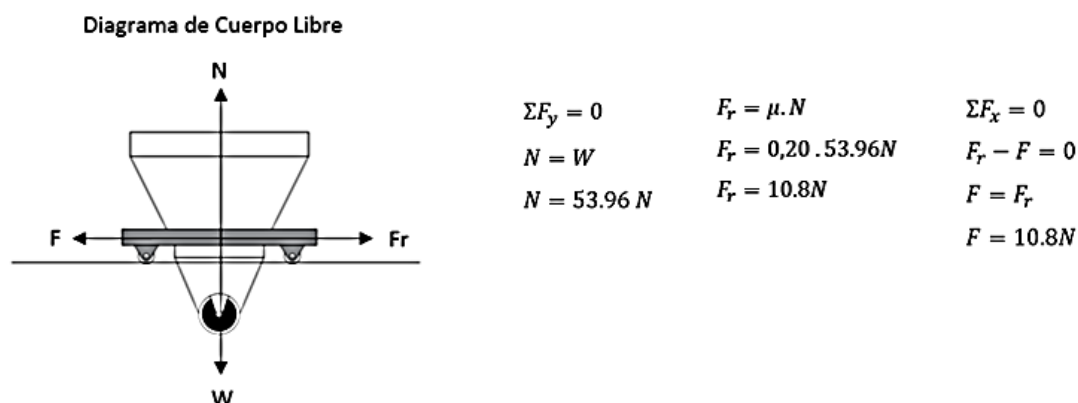
Diseño del carro de tolva, rieles y poleas. Elaborado por: El autor.

Los rieles están anclados a las paredes del galpón mediante tornillos de sujeción, con esto se evita poner vigas verticales que dificultarían la circulación dentro del galpón, e incrementarían costos al utilizar mayor cantidad de materiales.

3.3.3 Mecanismo de desplazamiento

Una vez realizado el carro de la tolva, los rieles y el conjunto de alimentación, el siguiente paso es mover todo el conjunto para ir surtiendo alimento en el comedero, para esto se opta por un sistema de poleas unidas a un motor dc con caja reductora.

Figura 3.4. Cálculo de fuerza requerida para mover la tolva



$$W = \text{Peso} = 5500 \text{ gr.} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 53.96 N$$

$F_r = \text{Fuerza de rozamiento}$

$N = \text{Normal}$

$\mu = \text{coeficiente de fricción (metal - metal)} = 0.20$

Cálculos de fuerza requerida para mover el conjunto de alimentación. Elaborado por: El autor.

A través de un conjunto de rodamientos guías se conecta un cable a ambos lados del carro de la tolva, en un costado este cable se conecta a la polea del motor haciendo mover a la derecha o a la izquierda dependiendo el caso, esto se puede apreciar mejor en la Figura 3.3.

Mediante cálculos realizados mostrados en la Figura 3.4 se sabe que la fuerza necesaria para mover todo el conjunto cargado es de 1100 gr., por tal motivo se opta por utilizar un motor con caja reductora que trabajando a 6 V genera 3700 gr. de torque.

3.3.4 Sensores del conjunto de alimentación

Para que el sistema de control determine cuando la tolva llega al final del recorrido o cuando regresa a su posición inicial, el sistema cuenta con un sensor al inicio y otro al final. En un principio se instalaron sensores infrarrojos de barrera, pero al tener problemas de censado debido a disparos falsos provocados por contaminación lumínica se cambió por sensores mecánicos como son finales de carrera.

3.4 Banda transportadora

La banda transportadora es la encargada de sacar el excremento hacia el exterior, la banda está construida de una lona impermeable con fibras sintéticas para darle una mayor resistencia al momento de templanla. Es de color blanco ya que según, Martínez & Ballester (2004) este color incentiva la postura y no asusta al ave al moverse. La banda se desliza sobre bandejas de tol con la finalidad de mejorar el desplazamiento y evitar atascamientos.

En el extremo donde empieza a caer el excremento existe una lámina que va raspando la banda y evita que el excremento pegado en la lona ingrese nuevamente al galpón. Con esta lamina trabajando como espátula se retira casi en su totalidad los desperdicios que se encuentren sobre la lona.

Para mover la banda se requiere una potencia que es suministrada por el motor. El torque producido se transmite al rodillo motriz que es el encargado de mover la banda para extraer el excremento.

$$F_u = u_{ST} \cdot g \cdot (m + m_B + m_R) \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$F = F_u \cdot C \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

F_u = Fuerza tangencial

u_{ST} = Coeficiente de fricción para acumulación

g = Aceleración de la gravedad

m = Masa del material transportado

m_B = Masa de la banda

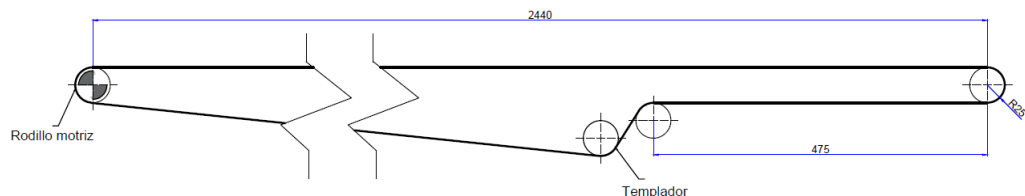
m_R = Masa de todos los tambores

F = Fuerza de tracción máxima de la banda

C = Factor de cálculo =1.4

Realizando mediciones de peso se conoce que diariamente se genera alrededor de 2000 gr. de excremento, reemplazando este valor en las ecuaciones (Ec. 3.1) y (Ec. 3.2) se sabe que se necesita un motor con 11.36 N de fuerza. En la Figura 3.5 se muestra el diseño de la banda transportadora, la misma que se encarga de evacuar el excremento.

Figura 3.5. Diseño de la banda transportadora



Diseño de la banda transportadora evacuadora de excremento. Elaborado por: El autor.

3.5 Sistema de iluminación

Como se mencionó en el capítulo anterior a las codornices se les tiene que suministrar 16 horas/día entre luz artificial y luz natural. Dado que la luz natural en el Ecuador no alcanza para cumplir con la cantidad de luz requerida, se tiene que suministrarles entre 2 y 3 horas de luz artificial dependiendo la temporada.

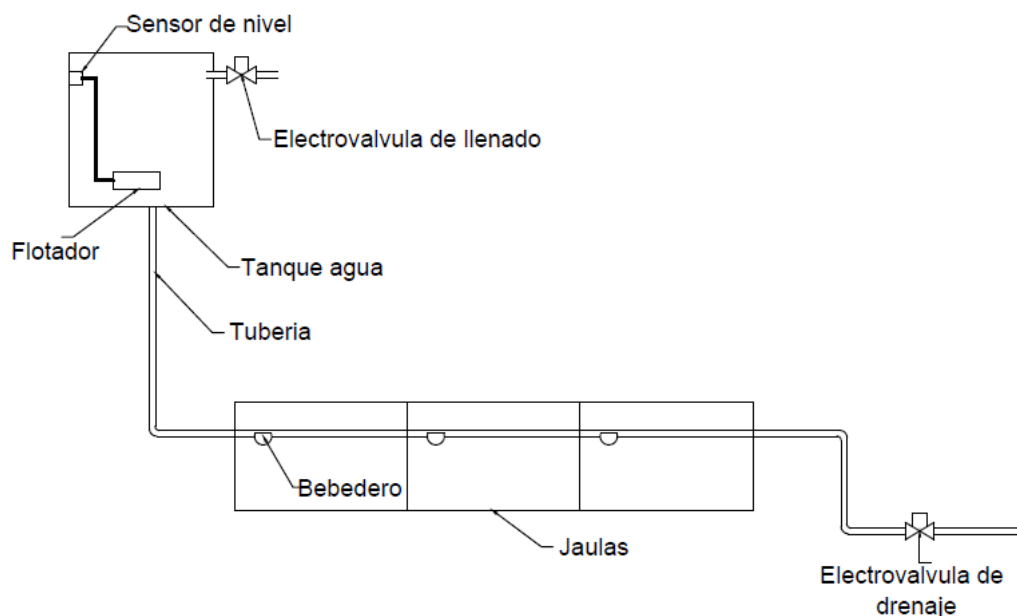
Con una célula fotoeléctrica LDR (Resistencia Dependiente de Luz) colocada en la parte exterior del criadero se mide la cantidad de luz artificial, este valor es procesado en la programación para realizar acciones de control como; activar o desactivar un relé que enciende o apaga un foco hasta cumplir las horas de luz necesarias.

Uzcátegui (2002), menciona que es recomendado colocar un foco de 60 W por cada 4 metros cuadrados, como el espacio del criadero no supera este metraje solo se coloca un foco de 60 W de luz cálida.

3.6 Sistema de Hidratación

El sistema de hidratación está compuesto por un tanque de reservorio de agua, un sensor analógico tipo flotador, una electroválvula de llenado y otra de drenado. El sistema mediante la lectura del sensor analiza la cantidad de agua del tanque, cuando los niveles son bajos activa la electroválvula de llenado hasta que el agua sube a un nivel seteado en la programación, donde el sistema desactiva la electroválvula.

Figura 3.6. Diseño del sistema de hidratación



Esquema del sistema de hidratación. Elaborado por: El autor.

El tanque tiene una capacidad de 15 litros, se encuentra a una altura de 1500 mm con respecto al suelo con la finalidad que el agua caiga a los bebederos por efecto de la gravedad. De la capacidad total solo se utiliza 10 litros que son consumidos por las

aves en dos días, esto para tener agua siempre fresca en el tanque. La estructura de este sistema se encuentra esquematizada en la Figura 3.6.

3.7 Sistema de Climatización

Este sistema debe garantizar dentro del criadero automático una temperatura comprendida entre 18°C y 24°C, rango de temperatura ideal para que las codornices puedan habitar cómodamente.

Para realizar la medición de la temperatura se está utilizando el sensor digital DHT11, un sensor de bajo costo, excelente calidad, respuesta rápida, resistente a interferencias, y que permite transmisión de señal a grandes distancias, el único inconveniente es que la resolución es de un grado, pero como no se necesita para procesos donde se requiera precisión en decimas de grado, el sensor es el adecuado.

3.7.1 Calefacción

El sistema de calefacción opera conjuntamente con el sistema de apertura y cierre de cortinas con el fin de conservar el calor dentro del criadero. El sistema de control mediante el monitoreo de la temperatura interior y exterior efectúa acciones, como cerrar las cortinas cuando la temperatura exterior disminuye del rango mínimo, logrando con esto ser más eficientes en el consumo de energía al no prender el calefactor tempranamente, sino solo cuando el sistema detecte una temperatura interior que no se encuentre dentro del rango aceptable.

También en la mañana cuando la temperatura exterior sobrepasa los 20°C el sistema abre la cortina para que dentro del criadero no se acumule calor, el espacio se ventile y en lo posible no se tenga que encender el extractor de calor. En el caso de que la temperatura interior sobrepase los 24°C con la cortina abierta, el sistema prende un extractor para sacar el calor del criadero, logrando con esto garantizar el rango de temperatura adecuada.

El calefactor en sí, es un horno eléctrico que funciona a 110 Vac, el calor generado por este es dispersado por el interior del criadero mediante un ventilador de 1500 mm con 12 aspas sin escobillas para que su funcionamiento no genere ruido que puede afectarle a las codornices.

3.7.2 Extracción de calor

Cuando la temperatura dentro del criadero sobrepasa el máximo permitido, a pesar que la cortina se encuentre abierta, el sistema enciende un extractor ubicado en el costado superior de la pared lateral para sacar el aire caliente. Efectuando las pruebas de campo en un día soleado con la cortina abierta la temperatura oscila entre los 22°C y 23°C.

El motor utilizado para esto es un motor de 110 Vac sin escobillas el cual no genera ruido al operar, con aspas de 200 mm. gira a 3200 Rpm extrayendo el aire caliente efectivamente y sin realizar ruido que podría asustar a las aves.

3.7.3 Ventilación

Como se mencionó anteriormente el sistema antes de encender elementos eléctricos que consumen energía, lo primero que hace es abrir o cerrar la cortina, no solo para conservar el calor interior cuando fuera del criadero la temperatura es baja, o bajar la temperatura interior, sino también para tener una adecuada ventilación.

La cortina en sí, es una plancha de policarbonato de 8mm tipo panal de abeja lo cual le da rigidez y permite que sea bastante ligero, es transparente permitiendo que, a pesar de estar cerrado, los rayos solares puedan pasar hacia el interior. Está soportada en la parte superior por bisagras, haciendo que la apertura sea hacia arriba, formado un ángulo de 80° con respecto a la ventana cuando la cortina se encuentra totalmente abierta.

El mecanismo de apertura y cierre está conformado por un motor DC que operando a 6V entrega 4000gr. de torque, este motor está unido a una polea que va enrollándose o desenrollándose para abrir o cerrar la cortina respectivamente. Para detectar que la cortina se ha abierto o cerrado completamente existen sensores mecánicos de final de carrera que informan al sistema cuando debe detener la marcha del motor.

3.8 Tablero eléctrico

Luego de realizar la infraestructura, instalar sensores, actuadores y demás componentes, se tiene que conectar todos los elementos eléctricos y dirigir los cables hacia el tablero. Con la finalidad de reducir la utilización de cable y no tener que comprar un tablero resistente al agua, se procedió a instalarlo dentro del criadero, cerca

de la puerta para que por cualquier eventualidad la persona encargada pueda efectuar acciones rápidamente. En la Figura 3.7 se muestra el tablero de control.

Figura 3.7. Elementos del tablero eléctrico



Elementos del tablero eléctrico. Elaborado por: El autor.

El tablero está construido de tol galvanizado con las siguientes dimensiones: 280 mm de ancho, 350 mm de largo, y 140 mm de espesor, aislado con una chapa de madera donde es instalada la tarjeta de control, con el fin de evitar posibles cortocircuitos. En su exterior el tablero cuenta con un paro de emergencia, una LCD (Display de Cristal Líquido) 16X2, un botón de reset, y luces piloto indicando el sistema que se encuentre activo.

3.8.1 Protecciones eléctricas

Para proteger la placa de control y todos sus componentes, el sistema cuenta con un interruptor que sirve como apagado general, todo lo que comprende la parte de control y la parte de fuerza, además, este interruptor posee un fusible de 20A para proteger de corrientes excesivas o corto circuitos.

También, cuando algún sistema esté operando erróneamente el tablero cuenta con un paro de emergencia que desconecta la parte de potencia pero mantiene encendida la parte de control. En la Figura 3.7 se puede apreciar estos dos tipos de protecciones.

3.9 Elección de la unidad de control

El proyecto en sí, al ser prototipo no está diseñado para utilizar grandes motores o elementos que consuman gran cantidad de corriente, sino para componentes pequeños que sean eficientes, seguros y silenciosos. Además de esto actualmente las personas buscan sistemas confiables y baratos.

Conociendo esto se buscó una opción que mejor se adapte para controlar el proyecto de criadero automático con ambiente controlado. Las opciones fueron:

- **PLC (Controlador Lógico Programable).**- es un controlador robusto, diseñado para la industria, donde existen altas temperaturas, vibraciones, y ruido eléctrico. Es confiable, con buena velocidad de procesamiento, aunque, el mantenimiento tiene que realizar personas especializadas, su programación es un tanto difícil y su costo de adquisición es elevado.
- **Microcontrolador.**- dependiendo el PIC (Controlador de Interfaz Periférica) posee suficientes entradas y salidas digitales y algunas analógicas, conversores análogo-digital, Timers, etc. Se puede utilizar y estructurar los pines a conveniencia, aunque, es susceptible a ruido electromagnético y perturbaciones ambientales, si la tarea a controlar es complicada se tiene que invertir mayor tiempo en realizar el código. Aparte, para probar el código se requieren elementos adicionales como una tarjeta de programación y tener toda la circuitería de alimentación, osciladores y reguladores de voltaje.
- **Arduino.**- es una placa de desarrollo de código abierto, basada en microcontroladores Atmel, fácil y rápida conexión con la PC mediante el puerto serial. Al ser una placa ya ensamblada no tenemos que preocuparnos por el oscilador, el regulador de voltaje, ni otras conexiones para ponerlo en marcha, tampoco tenemos que preocuparnos por el quemador ya que en las placas este ya viene incorporado. Existen desarrolladores de librerías, mismas que utilizándolas adecuadamente reducen el tiempo de programación significativamente.

A la vez que tener una placa lista es una ventaja, también es una desventaja al perder flexibilidad por tener una estructura ya delimitada.

Luego de analizar los procesos que intervienen en el proyecto, se determinó que una velocidad de procesamiento alta no es una variable crítica. Dado que la tarjeta en su fase inicial no cuenta con una entrada de datos por teclado se debe tener una comunicación segura con la PC, para cargar el programa o modificar parámetros sin la necesidad de estar desmontando el microcontrolador.

El PLC a pesar de ser una muy buena opción se descarta por los costos de adquisición elevados, es por esto que de las tres alternativas se opta por la utilización de la placa de desarrollo Arduino, específicamente el Arduino MEGA 2560, que es la que más se adapta en cuanto a lo que es costo-beneficio, al tener buenas prestaciones, suficientes entradas/salidas analógicas y digitales, una buena capacidad de memoria, comunicación I2C, es accesible económicamente, y es más amigable en cuanto al código de programación.

3.10 Tarjeta de control

La placa de control está diseñada para conectar fácilmente sensores, actuadores, elementos adicionales como el Real Time Clock (RTC), la LCD, y demás elementos. La placa de desarrollo Arduino Mega 2560 puede ser montada o desmontada fácilmente a la placa de control, para en caso de averías analizarlas independientemente y determinar si el problema se origina en la placa de control o en la placa Arduino, evitando de esta manera cambiar todo el conjunto. Cuenta además con pines de expansión en el caso de necesitarse nuevos sistemas.

La placa de control al poseer varios elementos tuvo que ser desarrollada en una baquelita de doble lado para evitar cruce de circuitos y tener flexibilidad para crear pistas de mayor grosor para la parte de potencia, el diseño de los circuitos se desarrolló en Proteus.

Para una mayor protección la placa fue recubierta con una máscara antisoldante (verde), esta pintura evita que las pistas se deterioren fácilmente, además de prevenir cortocircuitos al aislar las pistas de la placa. También se imprimió sobre la placa el diagrama de elementos, lo cual facilita enormemente la colocación de componentes para soldar.

Figura 3.8. Tarjeta de control



Tarjeta de control finalizada. Elaborado por: El autor.

En la Figura 3.8 se puede apreciar la tarjeta de control terminada con todos sus elementos, en esta imagen se puede ver como toda la placa está recubierta con mascara antisoldante de color verde y los elementos están identificados con pintura especial de color blanco.

3.11 Diagrama de instrumentación y tuberías P&ID

P&ID por sus siglas en inglés (Piping and Instrumentation Diagram). Es utilizado para etiquetar instrumentos y ayuda a que personas ajenas sepan a qué sistema corresponde cada sensor/actuador, o puedan ubicar fácilmente el elemento en caso de falla. En la Figura 3.9 se muestra el diagrama de instrumentación, mientras que en la Tabla 3.1 se muestra la descripción del P&ID del proyecto.

Figura 3.9. Diagrama de instrumentación

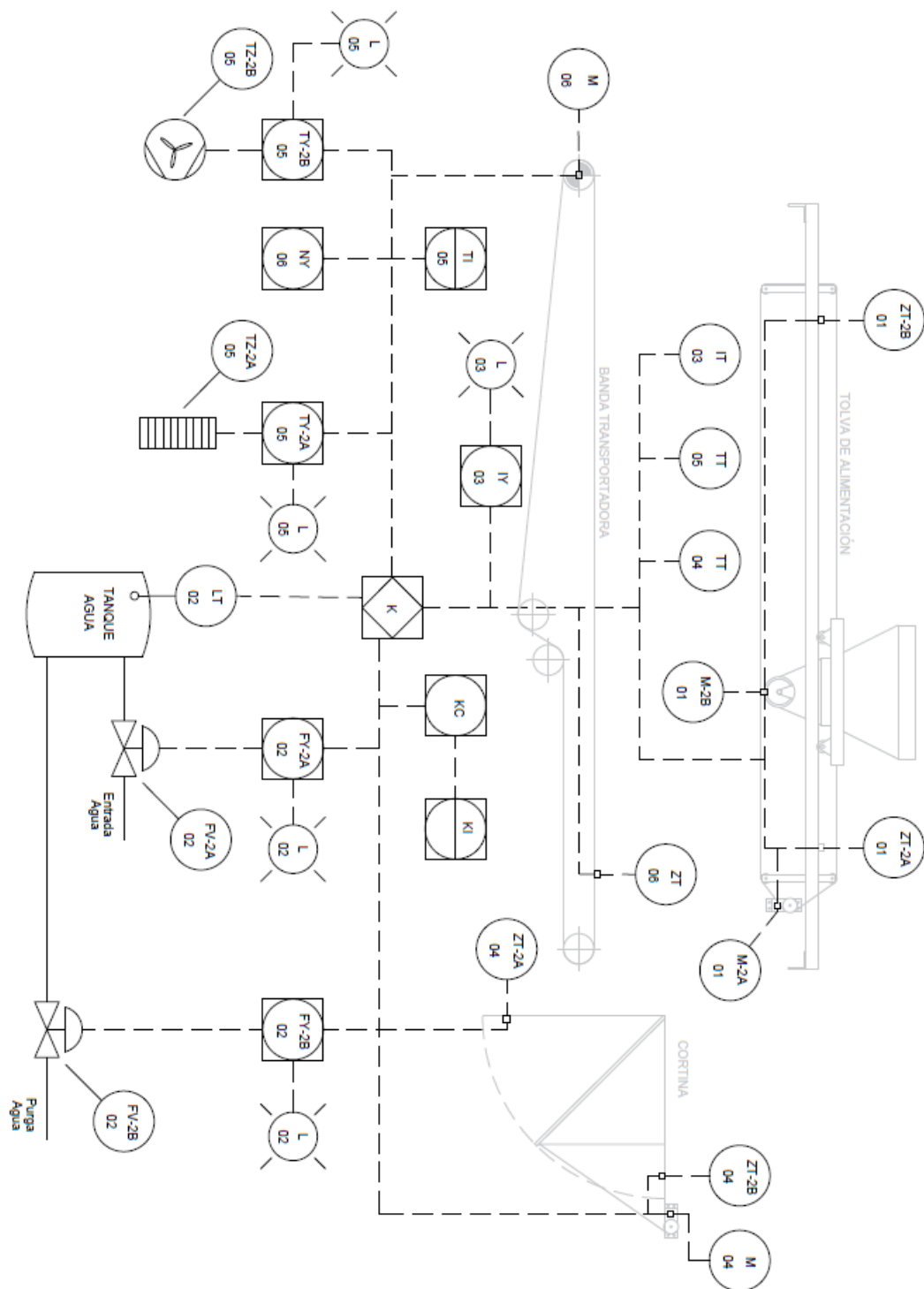


Diagrama de instrumentación del proyecto. Elaborado por: El autor.

Tabla 3.1. Descripción del P&ID

ID	ÁREA	SISTEMA	ELEMENTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
ZT-2A	01	Alimentación	Sensor	Mecánico	Sensor de movimiento de tolva (INICIO)
ZT-2B	01	Alimentación	Sensor	Mecánico	Sensor de movimiento de tolva (FIN)
M-2A	01	Alimentación	Actuador	Mecánico	Motor de movimiento de tolva
M-2B	01	Alimentación	Actuador	Mecánico	Motor dispensador de alimento
SC	01	Alimentación	Actuador	Eléctrico	Control de velocidad
FV-2A	02	Hidratación	Actuador	Eléctrico	Válvula de llenado
FV-2B	02	Hidratación	Actuador	Eléctrico	Válvula de drenaje
FY-2A	02	Hidratación	Actuador	Eléctrico	Relé de llenado
FY-2B	02	Hidratación	Actuador	Eléctrico	Relé de drenaje
LT	02	Hidratación	Sensor	Flotador	Sensor de nivel de agua
IT	03	Iluminación	Sensor	Resistivo	Sensor Fotoeléctrico
IY	03	Iluminación	Actuador	Eléctrico	Relé de iluminación
ZT-2A	04	Cortina	Sensor	Mecánico	Sensor de apertura de la cortina
ZT-2B	04	Cortina	Sensor	Mecánico	Sensor de cierre de la cortina
M	04	Cortina	Actuador	Mecánico	Motor de cortina
TT	04	Cortina	Sensor	Electrónico	Sensor de temperatura digital exterior
TT	05	Climatización	Sensor	Electrónico	Sensor de temperatura digital interior
TI	05	Climatización	Actuador	Electrónico	Indicador de temperatura
TY-2A	05	Climatización	Actuador	Eléctrico	Relé del calefactor
TY-2B	05	Climatización	Actuador	Eléctrico	Relé del ventilador
TZ-2A	05	Climatización	Actuador	Eléctrico	Calefactor
TZ-2B	05	Climatización	Actuador	Eléctrico	Ventilador
ZT	06	Banda	Sensor	Óptico	Sensor de banda transportadora
NY	06	Banda	Actuador	Mecánico	Relé de la banda
M	06	Banda	Actuador	Mecánico	Motor de la banda transportadora
KC		general	Actuador	Electrónico	RTC 3231
IK		General	Actuador	Electrónico	Indicador de hora

Tabla de descripción y etiquetado de componentes utilizados en el proyecto. Elaborado: El autor.

3.12 Software

En esta parte del capítulo se describe el desarrollo del software, la ejecución, y depuración de errores del código de programa. Como la unidad de control seleccionada es Arduino, la programación fue desarrollada en el IDE de Arduino v.1.6.11.

Para mejorar el consumo de memoria, estructurar el programa, ayudar a la depuración de errores, y ser más eficientes en el uso de la CPU, los sistemas están contenidos en subrutinas y solo son ejecutados cuando se cumple con alguna condición específica, con esto se evita que todas las líneas de código se ejecuten en un ciclo de reloj, generando retardos en la adquisición de datos o en la realización de alguna acción.

3.13 Diagrama de flujo general del sistema

De todos los sistemas que forman parte del proyecto, algunos entran en operación en función al cumplimiento de una alarma, mientras que otros entran en operación independientemente a la hora. En la Figura 3.10 se muestra el diagrama general.

Figura 3.10. Diagrama de flujo del sistema general

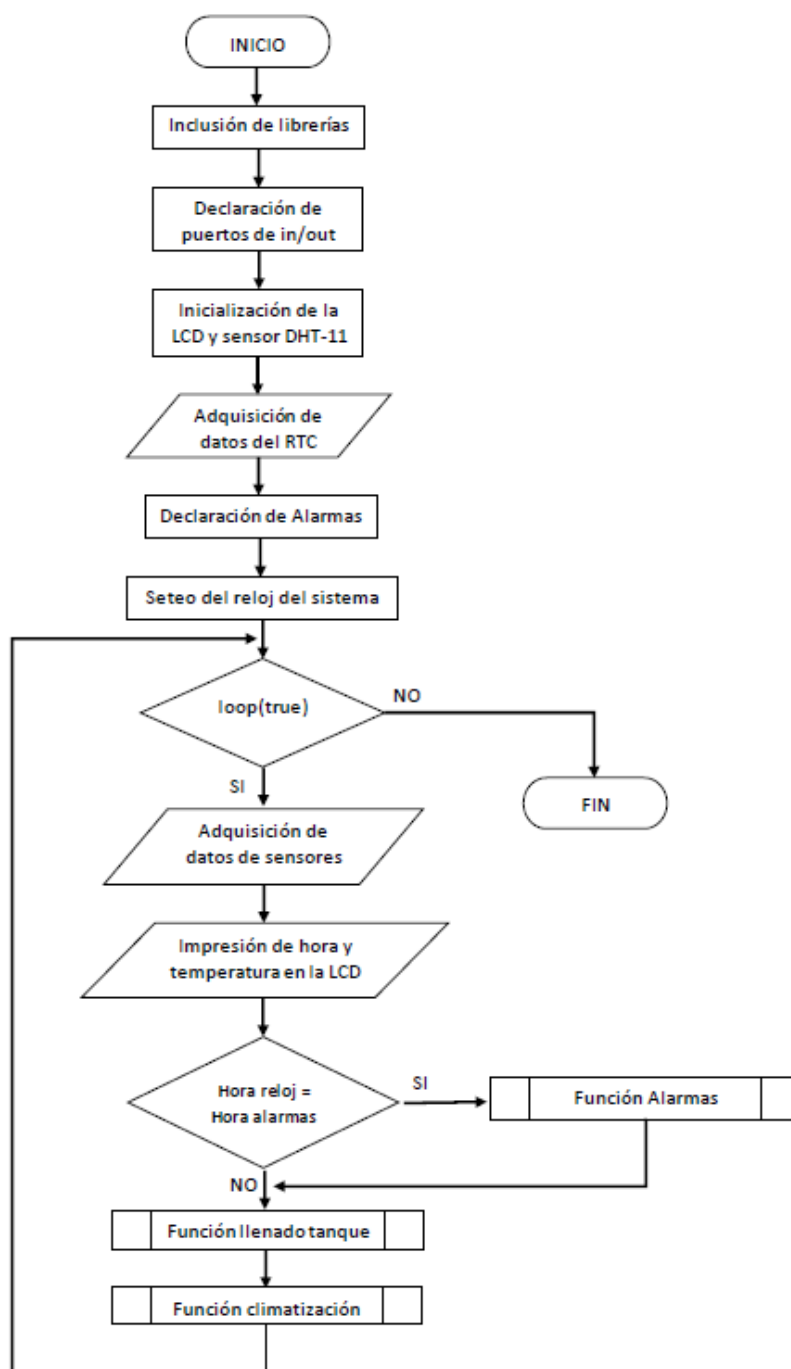


Diagrama de flujo del sistema general. Elaborado por: El autor.

3.13.1 Diagrama de flujo de la subrutina de alarmas

Esta subrutina contiene las alarmas que se ejecutan cuando se cumple la hora a la que fueron configuradas. Cada alarma cuando se activa setea una variable que está asociada a un subsistema, esto se hace para asegurar que se realice toda la acción de control dentro del subsistema, cuando se termina de realizar la acciones se resetea la variable y se regresa al código principal. En la Figura 3.11 se puede ver el diagrama.

Figura 3.11. Diagrama de flujo de la subrutina de alarmas

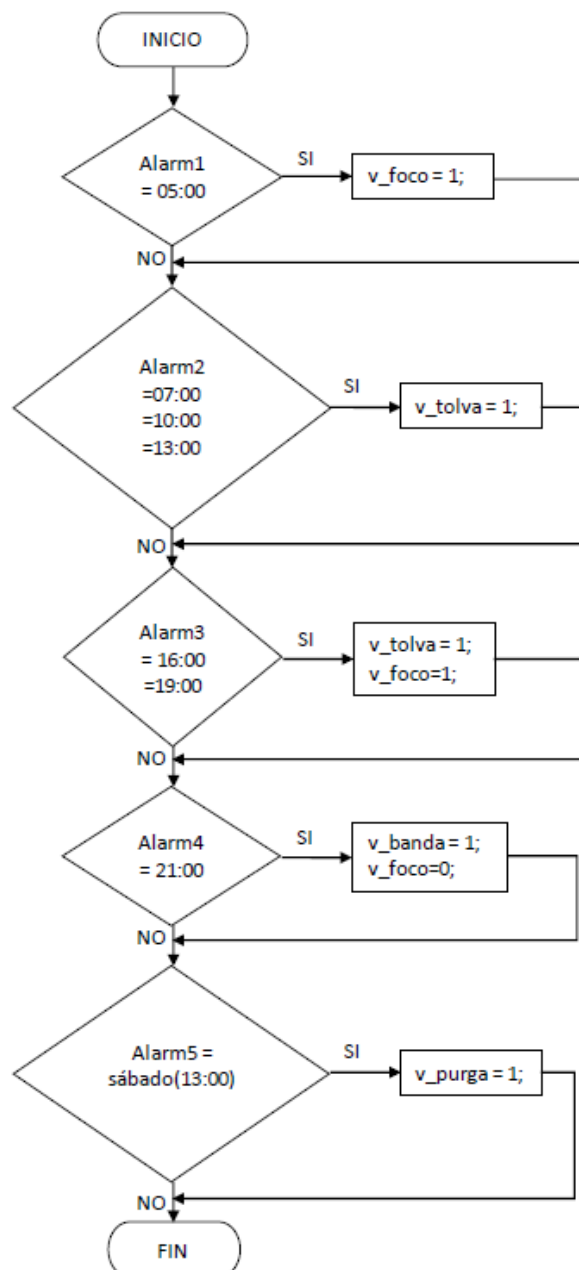


Diagrama de flujo de la subrutina de alarmas. Elaborado por: El autor.

3.14 Diagrama de flujo del sistema de iluminación

Como se mencionó en el capítulo 2, las codornices deben recibir 16 horas de luz entre natural y artificial. Se ha elegido que el sistema enciende las luces a las 05:00 y las apague a las 21:00 horas cumpliendo con esto las horas establecidas. Para evitar desperdicios energéticos al mantener las luminarias encendidas, el sistema monitorea la cantidad de luz, y cuando detecta suficiente luz natural apaga la luz artificial. En la Figura 3.12 se puede ver el diagrama de flujo del sistema de iluminación.

Figura 3.12. Diagrama de flujo del sistema de iluminación

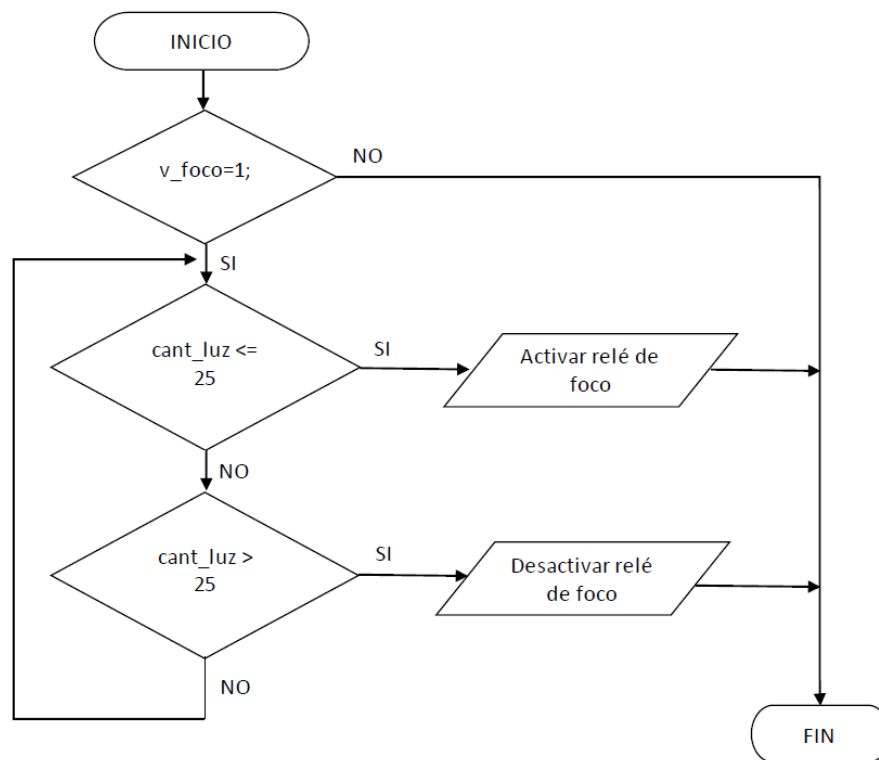


Diagrama de flujo del sistema de iluminación. Elaborado por: El autor.

3.15 Diagrama de flujo del sistema de alimentación

Este sistema tiene que garantizar la alimentación de las codornices, para esto se activan dos salidas, una es para controlar el movimiento de la tolva y la otra para la distribución de alimento. Para no llenar el comedero y generar un desperdicio de alimento considerable, la comida se distribuye cinco veces al día a diferentes horarios.

Figura 3.13. Diagrama de flujo del sistema de alimentación

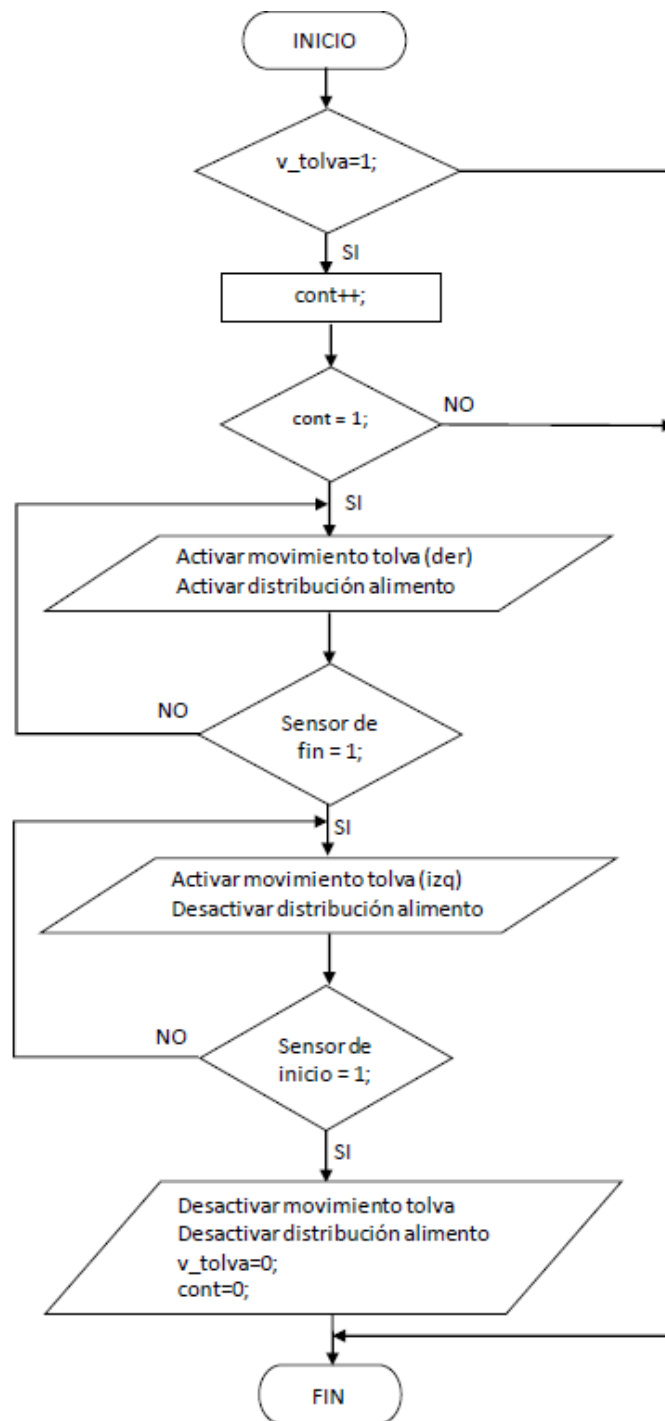


Diagrama de flujo del sistema de alimentación. Elaborado por: El autor.

En la Figura 3.13 correspondiente a la subrutina del sistema de alimentación existe un contador (cont), este es utilizado para que la tolva se mueva de ida y vuelta una sola vez, también existe la variable *v_tolva*, misma que se activa únicamente cuando se cumplen las alarmas de alimentación. Al final de la secuencia se resetean las variables para no generar conflictos cuando se cumple otra alarma.

3.16 Diagrama de flujo de la banda transportadora

Con el afán de no acumular excrementos que provocan una mayor concentración de gases nocivos para las codornices, el sistema ha sido programado para activar la banda de recolección de excrementos una vez al día, a la hora que sea más conveniente para la persona encargada de recogerlos. Aunque la bandeja donde se recoge el excremento está cubierta, lo recomendable es extraer el excremento entrada la noche para evitar que, con los olores emanados, generados por la influencia del sol sobre los excrementos se atraigan a moscas. En la Figura 3.14 se muestra el diagrama de flujo.

Figura 3.14. Diagrama de flujo de la banda transportadora

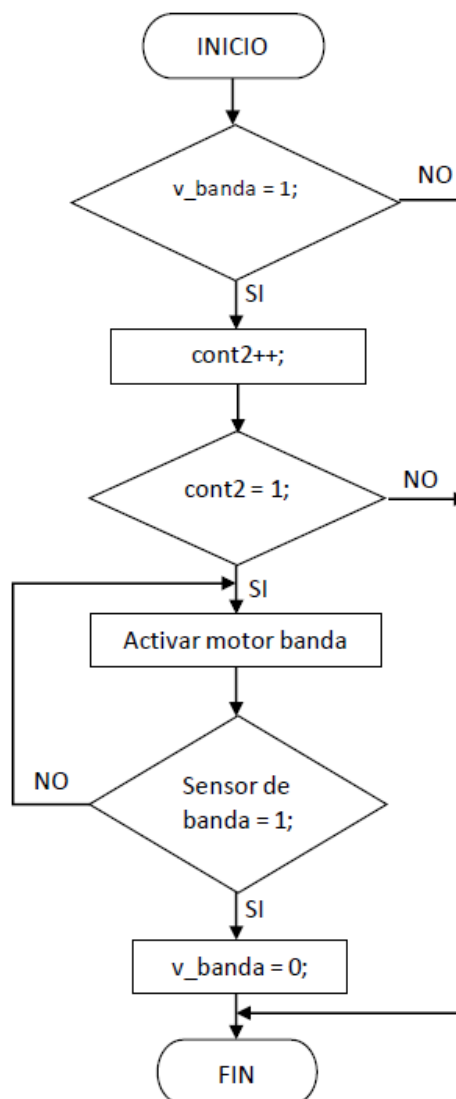


Diagrama de flujo de la banda transportadora. Elaborado por: El autor.

En la sub-rutina de la banda existe un contador 2 (cont2), el mismo que es utilizado para que la banda solo gire una sola vez y no se quede en un bucle infinito. Cuando el sensor óptico de la banda detecta que ha girado una vuelta completa, pone a cero la variable correspondiente para salir de la subrutina.

3.17 Diagrama de flujo del sistema de llenado de tanque de agua

El sistema para garantizar que las codornices tengan siempre agua en sus bebederos, abre una electroválvula para llenar el tanque. El monitoreo de los niveles de agua se realiza mediante la lectura de un sensor tipo flotador. En Figura 3.15 se muestra la programación, donde se setea un rango mínimo para encender la electroválvula y un rango máximo, para apagar la electroválvula cuando el tanque se encuentra lleno.

Figura 3.15. Diagrama de flujo del sistema de llenado de tanque

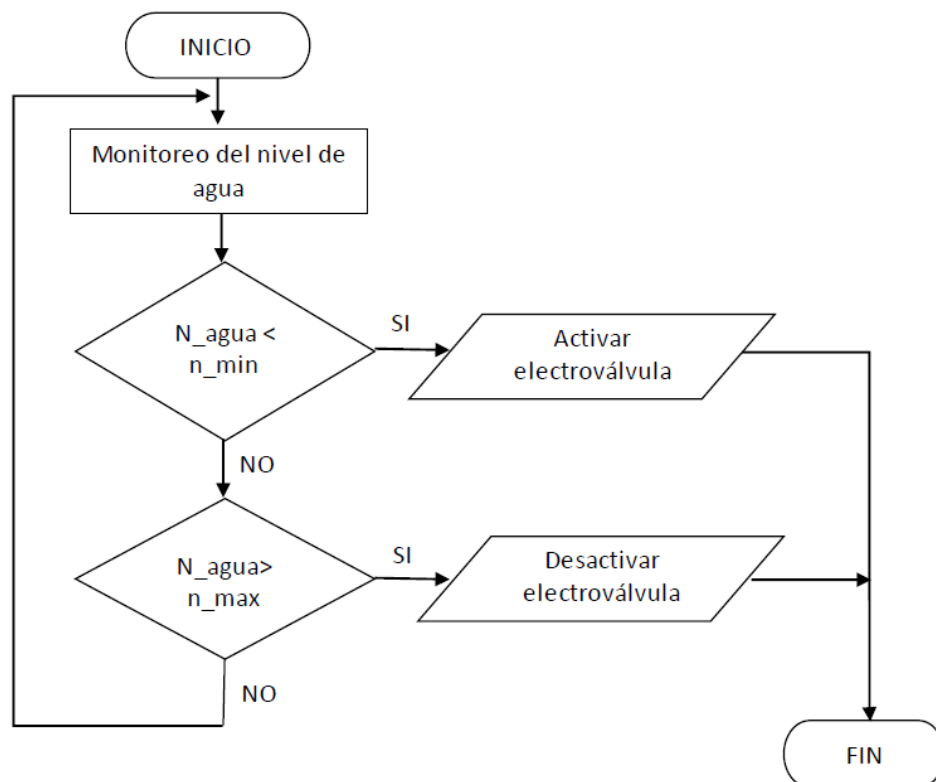


Diagrama de flujo del sistema de llenado de tanque. Elaborado por: El autor.

3.18 Diagrama de flujo del sistema de climatización

Mediante el monitoreo de sensores de temperatura, uno interior y otro exterior el sistema realiza acciones para mantener dentro del criadero una temperatura

comprendida entre los 18 °C y los 24°C, rango de temperatura ideal para mantener a las codornices dentro de un ambiente óptimo (Martínez & Ballester, 2004).

En la Figura 3.16 se muestra el diagrama de flujo de la temperatura interior, donde se puede observar que cuando la temperatura interior baja de los 18° el controlador enciende el calefactor, en cambio cuando se supera los 24°C el sistema enciende el ventilador. Cuando la temperatura interior se mantenga dentro de los límites permitidos el sistema mantiene apagado todos los aparatos.

Figura 3.16. Diagrama de flujo de la temperatura interior

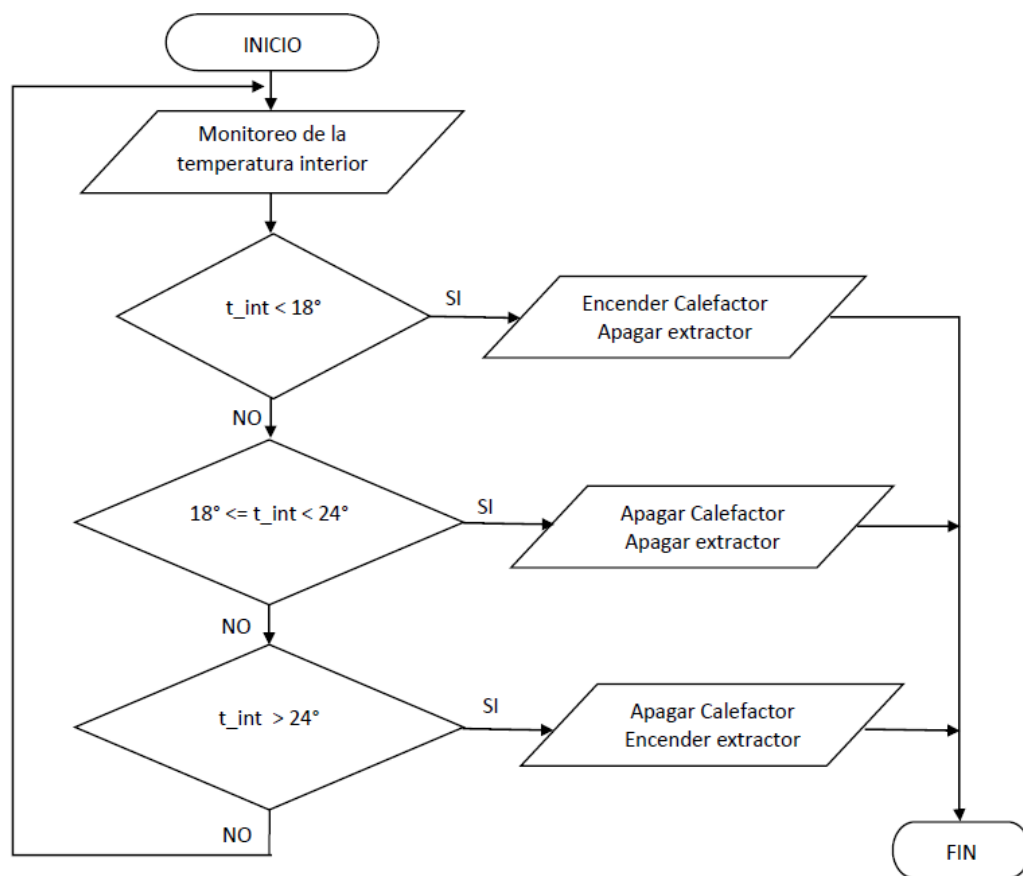


Diagrama de flujo de la temperatura interior. Elaborado por: El autor.

En la Figura 3.17 se muestra el diagrama de flujo de la temperatura exterior, donde la unidad de control realiza una lectura de la temperatura ambiente a través del sensor, para que el microcontrolador efectue acciones de control, por ejemplo cuando la temperatura exterior baja de los 16 °C cierra la cortina para evitar que el calor presente dentro del criadero escape.

Figura 3.17. Diagrama de flujo de la temperatura exterior

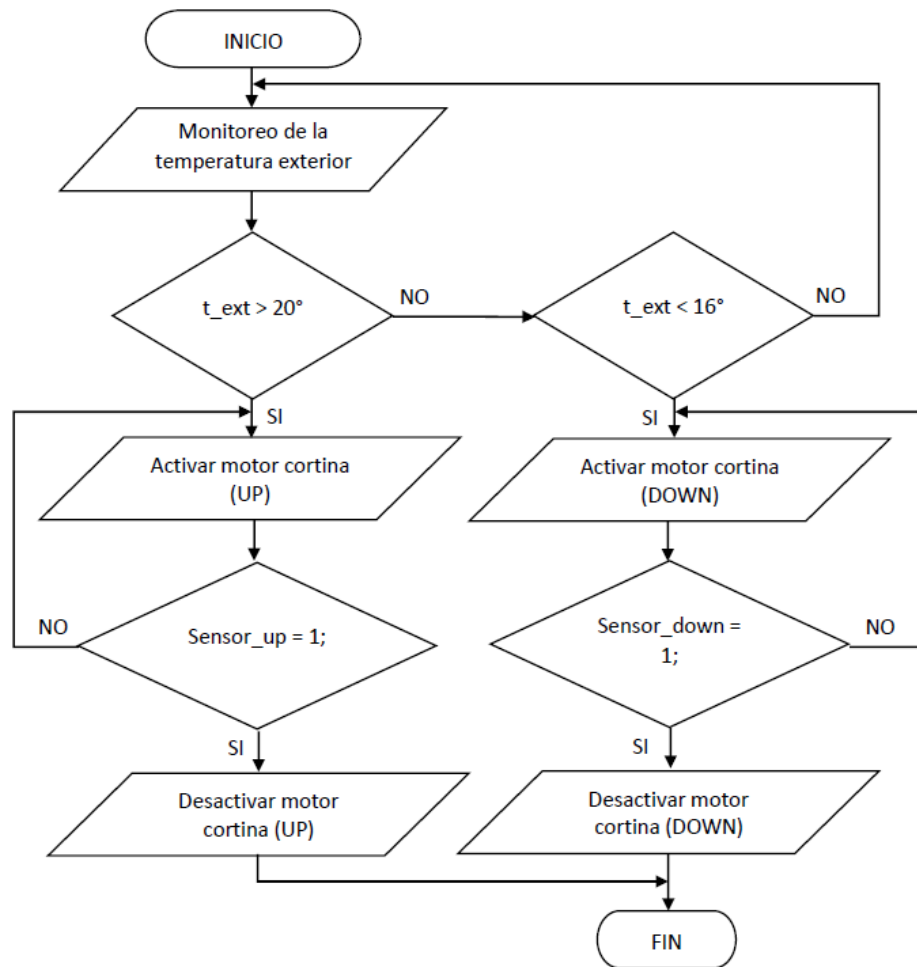


Diagrama de flujo de la temperatura exterior. Elaborado por: El autor.

En el diagrama de flujo de la Figura 3.17 se puede ver dentro del if un Sensor_up, y un Sensor_down, estos son unos sensores de finales de carrera con la finalidad de informar al sistema que la cortina esta completamente abierta o la cortina se ha cerrado correctamente.

3.19 Diagrama de flujo de drenado de agua

El agua estancada en las tuberías de hidratación de las aves provoca hongos, parásitos, y otros organismos que afectan al intestino de las codornices, es por esto que el sistema semanalmente activa una electroválvula para dejar correr el agua y evitar que en la tubería se formen microorganismos por estancamiento del agua.

Figura 3.18. Diagrama de flujo de drenado de agua

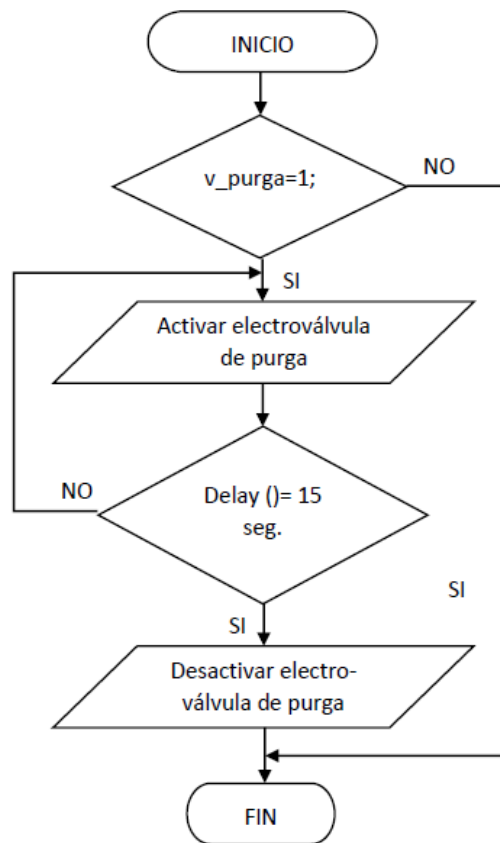


Diagrama de flujo de drenado de agua. Elaborado por: El autor.

En la Figura 3.18 se muestra el diagrama de flujo de drenado de agua, la electroválvula se activa solo cuando se cumple la alarma semanal y se setea a 1 la variable `v_purga`. la electroválvula se mantiene encendida durante 15 segundos, tiempo en el cual se vacía el tanque.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se muestran los datos arrojados durante los cinco meses de estudio del criadero automático y del criadero tradicional. Se realiza un análisis de los datos adquiridos de los dos criaderos para exponer cuales son las ventajas y desventajas de automatizar en la cotornicultura, así como también mostrar la productividad de cada criadero, rentabilidad y el tiempo de recuperación de capital de inversión.

4.1 Análisis económico

En esta parte se va a mostrar todos los gastos que se han efectuado para poner en marcha el proyecto automatizado y el tradicional.

4.1.1 Inversión en el Criadero Tradicional

Para alojar las codornices en el criadero tradicional no se necesita mayores exigencias, en la Tabla 4.1 se muestra la inversión hecha en este criadero.

Tabla 4.1. Lista de materiales ocupados en el criadero tradicional.

Cantidad	Detalle	Precio Unitario \$	Subtotal \$
1	Jaula metálica	27.00	27.00
1	Bebedero tipo copa	3.80	3.80
1	Tubos de agua de 1/2	9.80	9.80
2	Codos de 1/2	0.60	1.20
1	Uniones en T de 1/2	0.75	0.75
1	Llave de agua	7.50	7.50
1	Acople rápido para manguera	4.30	4.30
1	Manguera de plástico (1m)	0.80	0.80
1	Tanque de 5 litros	4.70	4.70
1	Comedero 0,50 m de largo	4.00	4.00
2	Bandejas de estiércol	5.00	10.00
1	Ángulos 20x3	4.10	4.10
TOTAL 1			77.95

Lista de materiales ocupados en la construcción del criadero tradicional. Elaborado: El autor.

En la Tabla 4.1 se muestra los materiales ocupados en el criadero tradicional, mientras que en la Tabla 4.2 se muestra las codornices destinadas al criadero tradicional, así como la cantidad de costales requeridos durante los cinco meses de estudio.

Tabla 4.2. Costos de aves, balanceado y vitaminas del criadero tradicional.

Cantidad	Detalle	Precio Unitario \$	Subtotal \$
25	Codornices hembra 5 semanas	1.70	42.50
3	Quintal de balanceado para codorniz	30.00	90.00
1	Vitaminas, desparasitantes y otros insumos	10.00	10.00
		TOTAL 2	142.50

Lista de precios de codornices y balanceado durante los cinco meses. Elaborado: El autor.

En la Tabla 4.3. se detalla los costos referentes a la realización de la estructura que soporta las jaulas y sostiene la bandeja de estiércol, además los costos de la conexión de agua potable y la estructura del criadero.

Tabla 4.3. Costos adicionales del criadero tradicional.

Cantidad	Detalle	Precio Unitario \$	Subtotal \$
1	Mano de obra y suelda	100.00	100.00
1	Techo de policarbonato 2 metros	50.00	50.00
1	Tela y malla para la cortina	20.00	20.00
		TOTAL 3	170.00

Lista de costos adicionales para albergar a las codornices. Elaborado: El autor.

En la Tabla 4.4 se muestra el gasto total efectuado en la construcción del criadero tradicional, el cual se encarga de alojar a 25 codornices dentro de un espacio de alrededor de 1.25 metros cuadrados.

Tabla 4.4. Inversión total en el criadero tradicional.

Detalle	Subtotal \$
Total 1	77.95
Total 2	142,50
Total 3	170.00
COSTO TOTAL	390.45

Inversión total en el criadero tradicional. Elaborado: El autor.

4.1.2 Inversión en el Criadero Automático

En las Tablas 4.5, 4.6, y 4.7 se muestran detalladamente la cantidad y tipo de materiales que han sido utilizadas para la realización del criadero automático.

Tabla 4.5. Lista de materiales ocupados para la estructura del criadero Automático.

Cantidad	Detalle	Precio Unitario \$	Subtotal \$
3	Jaulas metálicas	27.00	81.00
3	Bebedores automáticos	3.80	11.40
3	Tubos de agua de 1/2	9.80	29.40
4	Codos de 1/2	0.60	2.40
2	Uniones en T de 1/2	0.75	1.50
1	Acople rápido para manguera	4.30	4.30
3	Manguera de plástico (3m)	0.80	2.40
1	Tanque de 15 litros	14.00	14.00
1	Tubo de PVC de 2"	5.20	5.20
1	Comedero 1,50 m largo	8.00	8.00
2	Bandejas de estiércol	9.00	18.00
6	Ángulos 20x3	4.10	24.60
1	Angulo 50x4	7.60	7.60
1	Plancha de tol	9.50	9.50
4	Rodamientos metálicos	0.65	2.60
4	Chumaceras	3.70	14.80
TOTAL 1			236.70

Lista de materiales ocupados en la construcción del criadero automático. Elaborado: El autor.

Tabla 4.6. Costos de materiales eléctricos utilizados en el criadero automático.

Cantidad	Detalle	Precio Unitario \$	Subtotal \$
15	Cable concéntrico 4x18 AWG (15 m)	0.86	12.90
6	Cable gemelo # 12 (6m)	0.70	4.20
20	Cable UTP CAT5 (20m)	0.48	9.60
5	Cable de audio (5m)	0.38	1.90
1	Transformador varias salidas	65.00	65.00
3	Servomotores DC 15 kg.cm	15.00	45.00
1	Motor 24 VAC 12 RPM	26.50	26.50
2	Electroválvulas 110 VAC	6.15	12.30
8	Relés 5V	0.85	6.80
1	Arduino MEGA 2560	27.00	27.00
1	Baquelita tamaño A4 doble lado	9.80	9.80
1	Pulsador emergencia	3.50	3.50
1	Pantalla LCD 16x2	6.00	6.00
1	Elementos electrónicos adicionales	40.00	40.00
1	Ventilador	32.00	32.00
1	Tablero eléctrico 350x280x140 mm	38.00	38.00
1	Calefactor eléctrico	45.00	45.00
TOTAL 2			385.50

Lista de precios del material eléctrico utilizado. Elaborado: El autor.

En la Tabla 4.7 se añade un costo de ingeniería, este corresponde a las horas invertidas en el desarrollo del software, así como también a la realización de la placa.

Tabla 4.7. Costos de mano de obra y desarrollo de ingeniería.

Cantidad	Detalle	Precio Unitario \$	Subtotal \$
1	Mano de obra (suela, cerrajería, plomería)	150.00	150.00
1	Diseño de placa	90.00	90.00
1	Desarrollo de software e ingeniería	450.00	450.00
TOTAL 3			690.00

Costos relacionados al desarrollo del proyecto en hardware y software. Elaborado: El autor.

En la Tabla 4.8 se muestra el costo de las codornices que serán introducidas en el criadero automático, así como el alimento necesario para los meses de estudio.

Tabla 4.8. Costos de aves, balanceado y vitaminas del criadero automático.

Cantidad	Detalle	Precio Unitario \$	Subtotal \$
75	Codornices hembra 5 semanas	1.70	127.50
8	Quintal de balanceado para codorniz	30.00	240.00
1	Vitaminas, desparasitantes y otros insumos	20.00	20.00
TOTAL 4			387.50

Lista de precios de codornices y balanceado durante los cinco meses. Elaborado: El autor.

En la Tabla 4.9 se muestra el gasto efectuado para desarrollar el criadero automático, partiendo desde la parte de infraestructura, hasta la tarjeta de control y el desarrollo del software, en este valor además, se ha incluido el costo de horas de ingeniería, ya que este al ser un proyecto prototipo se tiene que incluir todos los costos en los cuales se ha invertido ya sea capital o esfuerzo intelectual.

Tabla 4.9. Inversión total en el criadero Automático.

Detalle	Subtotal \$
Total 1	236.70
Total 2	385.50
Total 3	387.50
Total 4	690.00
COSTO TOTAL	1,699.70

Inversión total en el criadero automático. Elaborado: El autor.

4.1.3 Contraste entre la inversión del C. Tradicional y el C. Automatizado

Con los valores totales de inversión de la Tabla 4.4 de \$ 390.45 correspondiente al criadero tradicional, y de la Tabla 4.10 de \$ 1,699.70 del criadero automático, se procede a indicar en la Tabla 4.10 cuál ha sido la inversión por cada codorniz.

Tabla 4.10. Inversión por codorniz en cada criadero.

	Número de codornices	Costo de inversión \$	Inversión por cada codorniz
C. Tradicional	25	390.45	\$ 15.62
C. Automático	75	1,699.70	\$ 22.66

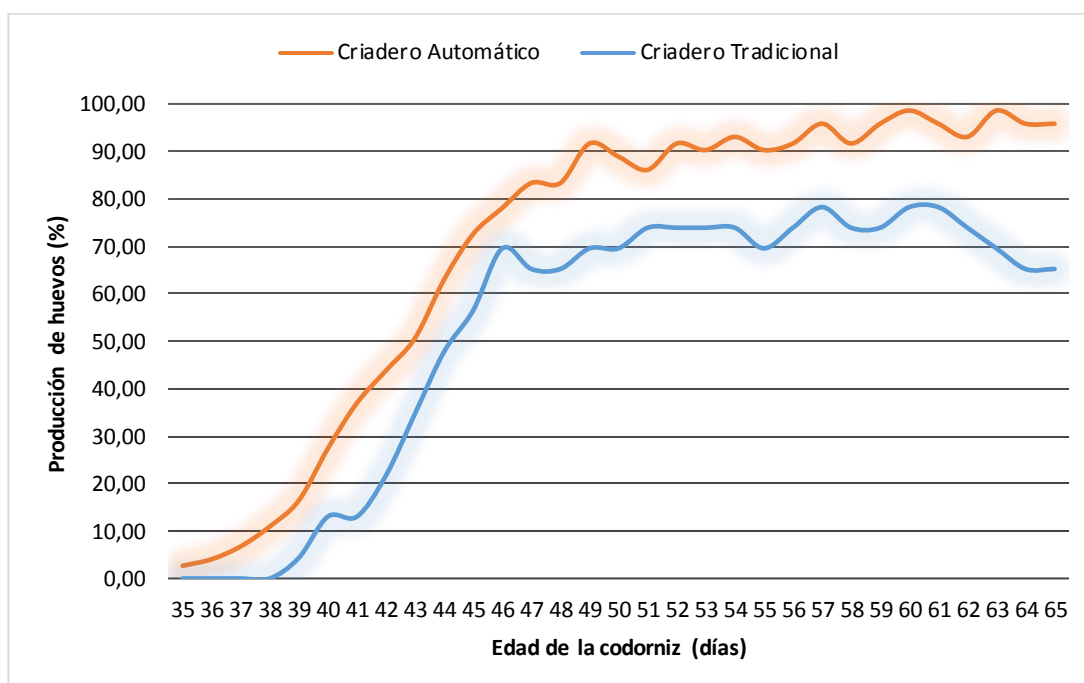
Nota: Inversión individual de cada criadero. Elaborado: El autor.

En la Tabla 4.10 se muestra la inversión total realizada en cada criadero durante los cinco meses de estudio dividido para el número de individuos que cada criadero tiene, para conocer cuál es la inversión que se realiza por cada codorniz.

4.2 Curva de producción de huevos

La recopilación de datos empieza desde los 35 días de nacida las codornices, en la Figura 20 se expone los datos adquiridos del primer mes del criadero tradicional versus el criadero automático.

Figura 4.1. Gráfica de producción de huevos del primer mes

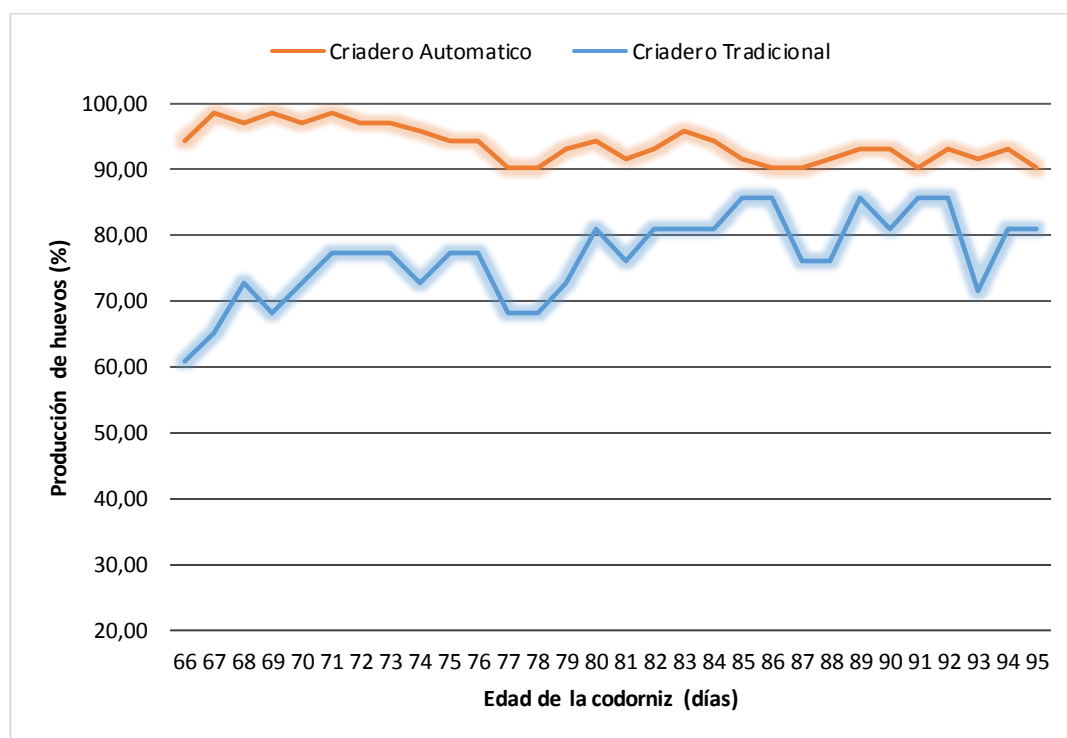


Gráfica de producción de huevos del primer mes. Elaborado por: El autor.

Desde el primer mes la curva de producción de huevos del criadero automático empieza a sobresalir sobre el criadero tradicional, esto nota que manteniendo las condiciones adecuadas dentro del criadero, rápidamente se pueden observar mejorías.

Alrededor del día 61 del criadero tradicional se nota una baja considerable de producción, esta se debió al inicio de lluvias que provocaron temperaturas bajas especialmente en la noche y madrugada. En cambio en el criadero automático la producción se mantiene estable a pesar de las condiciones ambientales externas.

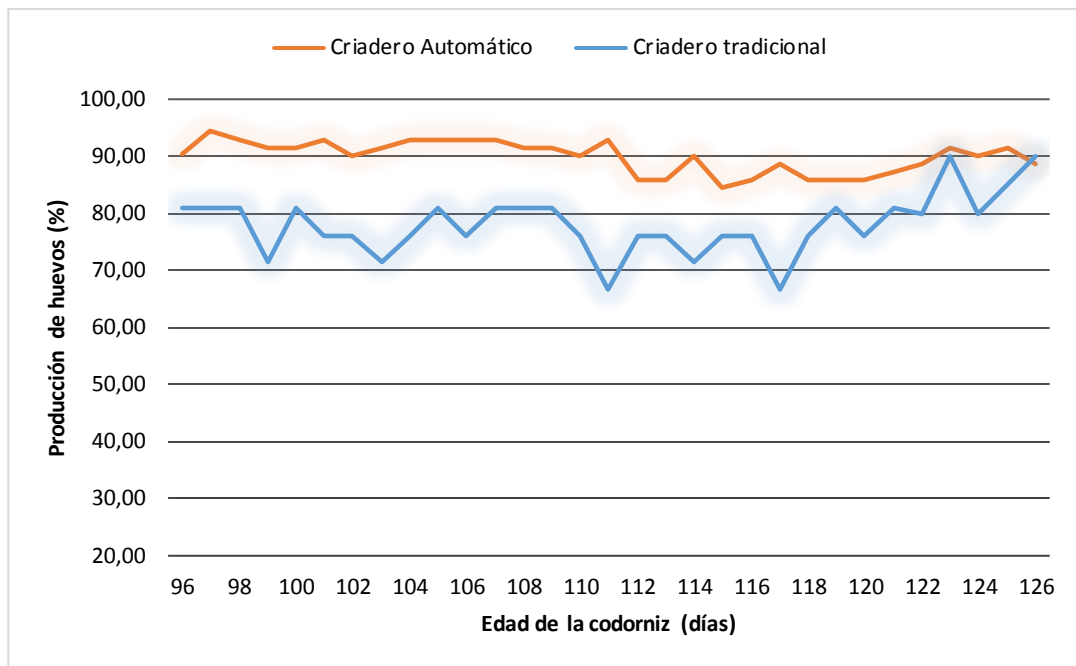
Figura 4.2. Gráfica de producción de huevos del segundo mes



Gráfica de producción de huevos del segundo mes. Elaborado por: El autor.

En la Figura 4.2 se puede notar como luego del periodo de lluvias, la producción de huevos del criadero tradicional de a poco va recuperándose, mientras que del criadero automático va disminuyendo luego de alcanzar el pico de producción que es alrededor del día 65. También se observa como el comportamiento de postura de las codornices que se encuentran bajo condiciones controladas de temperatura mantienen un índice de postura más estable en comparación a las codornices del criadero tradicional.

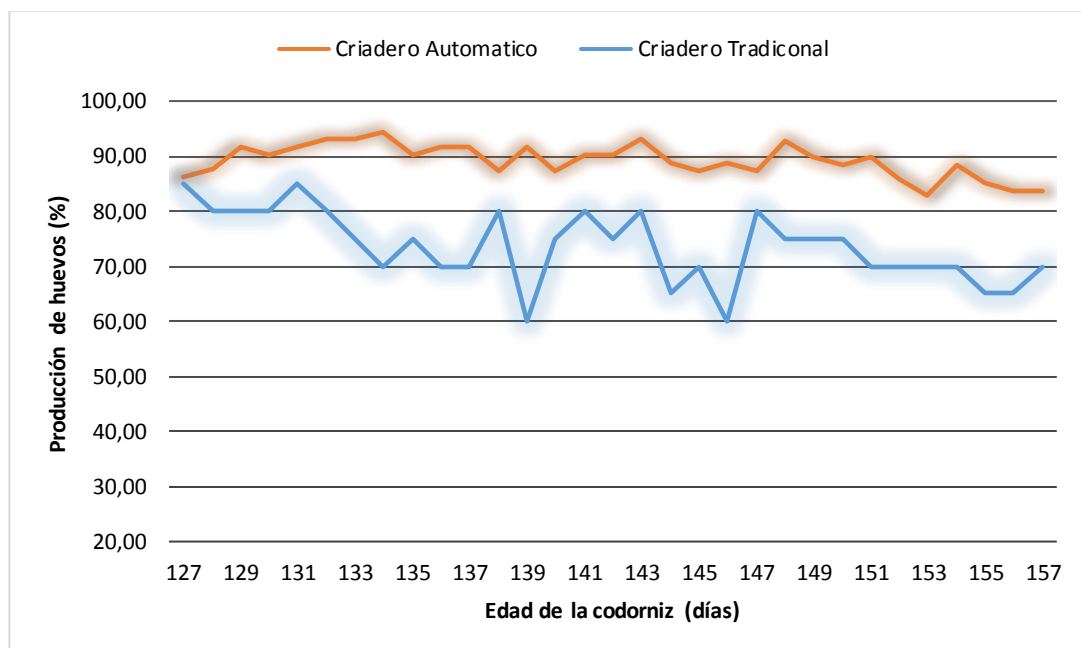
Figura 4.3. Gráfica de producción de huevos del tercer mes



Gráfica de producción de huevos del tercer mes. Elaborado por: El autor.

En la Figura 4.3 se puede ver una línea relativamente estable del criadero automático, mientras que en el criadero tradicional existen fluctuaciones considerables.

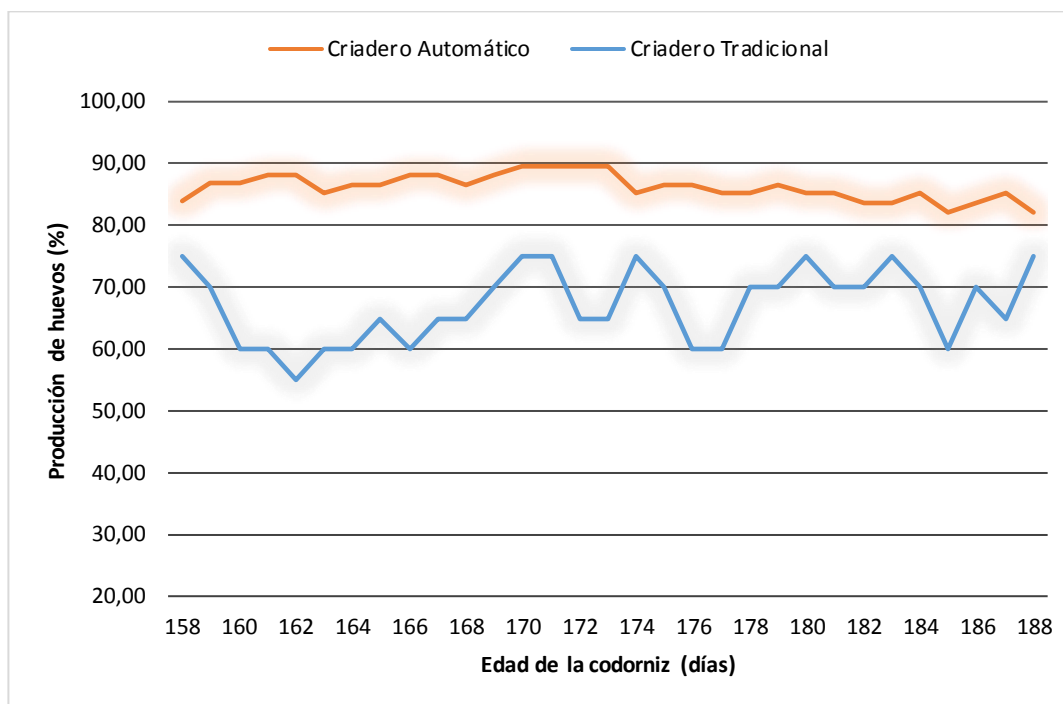
Figura 4.4. Gráfica de producción de huevos del cuarto mes



Gráfica de producción de huevos del cuarto mes. Elaborado por: El autor.

En la Figura 4.4 se vuelve a notar como al mantener condiciones óptimas dentro del criadero automático la producción de huevos se mantiene estable, mientras que cuando se presentan días fríos en el criadero tradicional se nota claramente bajas en la producción y fluctuaciones de casi 10 puntos.

Figura 4.5. Gráfica de producción de huevos del quinto mes



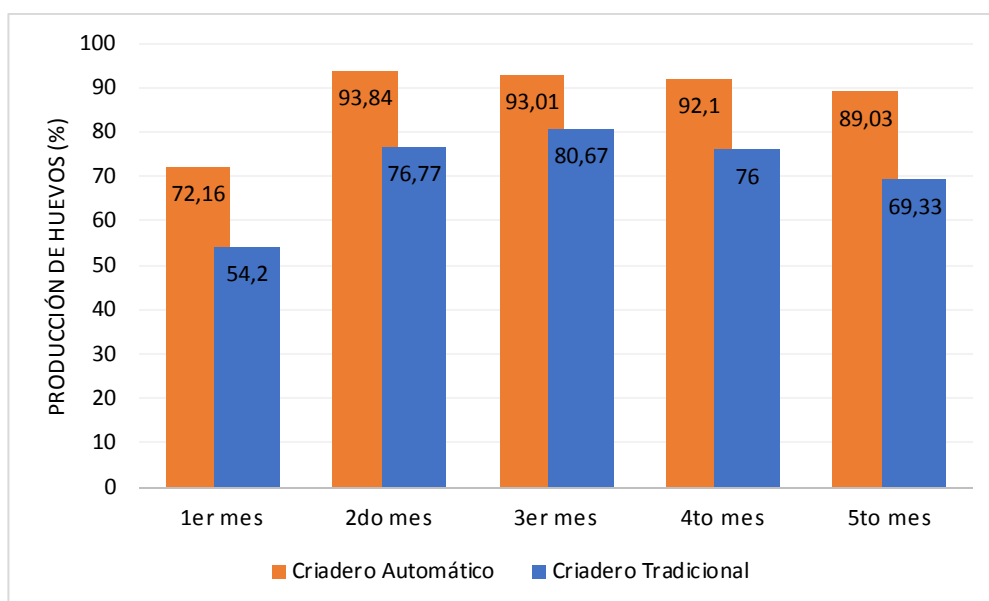
Gráfica de producción de huevos del quinto mes. Elaborado por: El autor.

En la Figura 4.5, correspondiente al quinto mes se nota como la producción de huevos del criadero automático empieza a descender de manera estable, en cambio en el criadero tradicional la tendencia se mantiene con fluctuaciones altas, encontrándose la más alta entre el día 158 y 162 donde la producción baja alrededor de 20 puntos. Esto coincide con las épocas lluviosas.

4.3 Promedio de producción de huevos

En la Figura 4.6 se muestra el promedio de producción mensual de cada criadero, en esta se evidencia una producción de huevos superior en el criadero automático con respecto al criadero tradicional de alrededor de un 15% en cada uno de los cinco meses en los que se efectuó el estudio.

Figura 4.6. Gráfica de promedio de producción mensual de cada criadero.

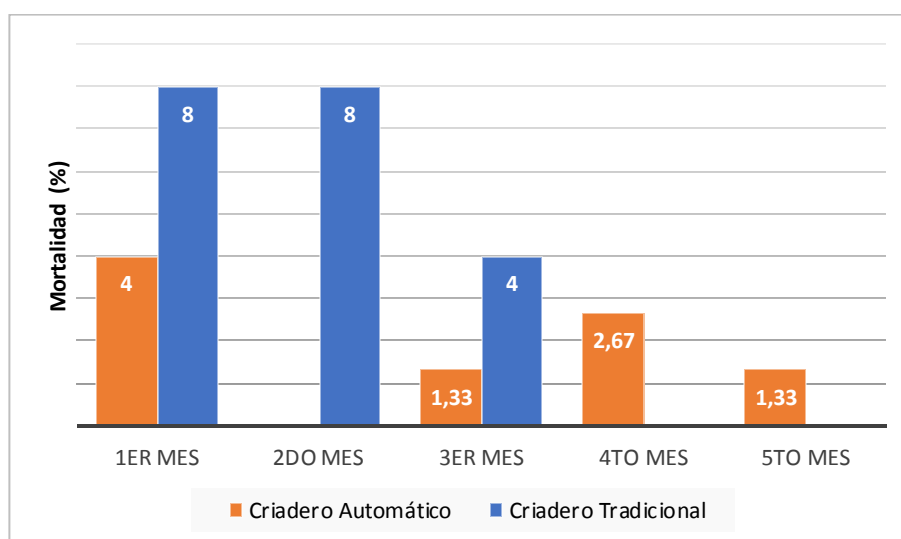


Gráfica de promedio de producción mensual de cada criadero. Elaborado por: El autor.

4.4 Índice de mortalidad

En la Figura 4.7 se muestra el porcentaje de mortalidad de los dos criaderos, los datos se muestran divididos por meses.

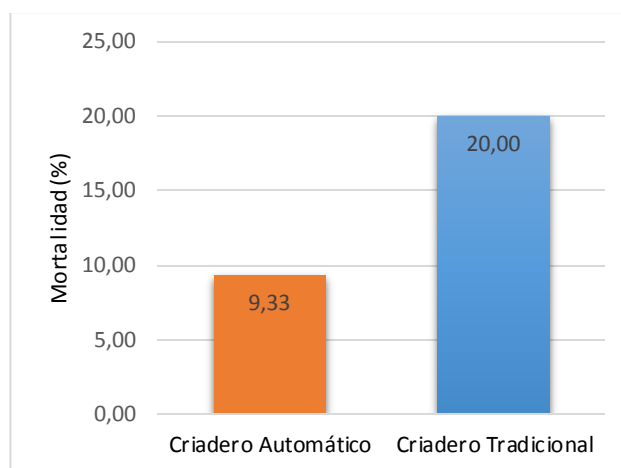
Figura 4.7. Gráfica de la mortalidad por meses



Gráfica de la mortalidad por meses. Elaborado por: El autor.

La tasa de mortalidad general durante el tiempo que duró el estudio se muestra en la Figura 27, en esta gráfica se puede apreciar como la mortalidad del criadero automático es prácticamente la mitad del criadero tradicional.

Figura 4.8. Gráfica del índice de mortalidad general



Gráfica del índice de mortalidad general. Elaborado por: El autor.

4.5 Flujo de Caja del criadero Automático

El flujo de caja representa el movimiento de entrada o salida de capital de un periodo determinado y el saldo del efectivo al final del periodo (Nova, 2008).

Tabla 4.11. Flujo de caja del criadero automático.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Recuperación de la inversión	-1,699.70	-728.70	101.30	943.30
Inversiones	-95.00	-220.00	-245.00	-250.00
Total ingresos	1,641.00	1,700.00	1,714.00	1,690.00
Total egresos	-575.00	-650.00	-627.00	-655.00
Flujo de Caja	-728,70	101.30	943.30	1,728.30

Flujo de caja. Elaborado: El autor.

Para el cálculo de flujo de caja se tomó un precio de venta de 20 huevos por \$1.50 dólares. De los cinco meses de estudio se determinó que con este valor se tiene un promedio mensual de \$130 dólares con lo cual se puede proyectar el tiempo de recuperación de capital mostrado en la Tabla 4.11.

4.6 Flujo de Caja del criadero tradicional

En la Tabla 4.12 se muestra el flujo de caja del criadero tradicional, igualmente se tomó un precio de venta de \$ 1.50 por el empaque de 20 huevos. Del total de huevos recogidos en cada mes, se calculó que el ingreso mensual promedio es de \$ 33 dólares, con este valor se realizó la proyección para el tiempo de recuperación de la inversión.

Tabla 4.12. Flujo de caja del criadero tradicional.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Recuperación de la inversión	-390.45	-156.45	-5.25	111.75
inversiones	-25.00	-46.80	-65.00	-65.00
Total ingresos	396.00	412.00	407.00	415.00
Total egresos	-137.00	-214.00	-225.00	-232.00
Flujo de Caja	-156.45	-5.25	111.75	229.75

Flujo de caja del criadero tradicional. Elaborado: El autor.

4.7 Comparación del flujo de caja entre el C. Tradicional y el C. Automático

Luego de haber realizado el flujo de caja de cada criadero se nota que, aunque la inversión que se realiza en el criadero automático es mayor por los costos que conlleva la automatización, al segundo año de producción, como se muestra en la Tabla 4.11 ya se logra recuperar el capital de inversión y el proyecto empieza a generar ganancias. Al contrario del criadero tradicional donde recién a partir del tercer año, el proyecto muestra ganancias.

Esta diferencia de un año en la recuperación del capital de inversión, entre el criadero automático frente al tradicional, se da gracias a una producción estable y superior de huevos de alrededor del 15%, generando con esto una pronta recuperación de la inversión con la automatización de los procesos.

CONCLUSIONES

- Desarrollar el prototipo de criadero automático con ambiente controlado ha demostrado cumplir con la finalidad para lo que fue construido, ya que con el análisis realizado posterior al período de recolección de datos, se observa que en promedio se mejora un 15% la producción de huevos en el criadero automático, y la mortalidad se reduce un poco más del 10% frente a los datos adquiridos del criadero tradicional.
- Con la información bibliográfica sobre cuidado de codornices se conoció que a estas aves hay que suministrarles 16 horas de luz al día, la temperatura debe estar comprendida entre 18 y 24°C, se les debe proporcionar 24gr. de alimento diariamente por cada codorniz, deben tener agua fresca, y los gases por la acumulación de excrementos les afecta a las vías respiratorias, por lo cual es necesario evacuar el excremento diariamente, manteniendo controladas estas variables el criadero se mantiene en condiciones óptimas.
- Luego de determinar las condiciones en las que tiene que mantenerse el criadero, y sabiendo que la distancia entre la unidad de control y los sensores no superan los 20 metros, la pérdida de información a causa de la distancia no era problema, por tal motivo se eligieron tanto sensores analógicos como digitales, mismos que fueron conectados hacia la unidad de control mediante cable UTP categoría 5E, en cuanto a los actuadores estos fueron conectados utilizando cable concéntrico 4X16 AWG que en distancias cortas soporta hasta 22 A. suficiente para resistir la corriente que consumen los elementos.
- Luego de recopilar información bibliográfica sobre el cuidado de codornices se pudo conocer los factores principales que afectan a la producción de huevos, estos son; cambios bruscos de temperatura, temperaturas bajas y stress provocado por un mal manejo de las aves, esto se pudo comprobar en los datos del criadero tradicional donde en las tablas de producción de huevos se observa fluctuaciones considerables y una tendencia a la baja cuando existían días fríos, esto no se observa en el criadero automático donde se controla la temperatura y en los datos se refleja una línea de producción estable y sin fluctuaciones considerables.

- Controlando y manteniendo condiciones ambientales óptimas dentro del criadero automático se logró adelantar el tiempo de inicio de postura en 10 días, y alcanzar el pico de producción tomó la mitad del tiempo que según Fabian Rodriguez en su libro “Cría de codornices para pequeños emprendedores” se alcanza a los 120 días, la curva de producción de huevos mencionada se puede observar en la Figura 2.1, mientras que la curva de producción del criadero automático se puede observar en la Figura 4.1.
- Se realizó un dimensionamiento y desarrollo de los sistemas, tomando en consideración que los actuadores tienen que operar sin generar ruido excesivo, y sin realizar acciones bruscas, ya que las codornices se pueden asustar y a causa del stress decaer en la producción, esto se puede notar en las tablas de producción de huevos de ambos criaderos, cuando por motivos de limpieza las aves se asustaban y bajaban en la producción.
- En la fase de pruebas del prototipo se desarrolló un software donde el código estaba contenido en un solo bloque, lo que generaba retardos en la adquisición de datos, y para comprobar y depurar errores se tornaba más complicado, es por esto que se optó por estructurar los sistemas en subrutinas, obteniendo con esto aumentar la velocidad de respuesta del microcontrolador.
- Como el área del criadero automático apenas supera los 3 m^2 la variación en la lectura de la temperatura era insignificante, menor al 2%, se optó por colocar un solo sensor internamente, con el cual se controla el ventilador y el calefactor, y con el sensor de temperatura exterior se controla la apertura y cierre de la cortina.
- A pesar de no ser objeto de estudio, se pudo comprobar en el análisis de la información recopilada del criadero tradicional que, cuando la temperatura por factores climáticos descendía, también lo hacía la producción de huevos, además, las temperaturas bajas provocaban que el tamaño de los huevos disminuyera.

RECOMENDACIONES

- El movimiento de la tolva se realiza a través de una polea que está sujeta a cada extremo del carro de la tolva, cuando este conjunto se activa dispensa alimento hasta que el sensor de fin de carrera detecte que llegó al final del recorrido, es ahí cuando se genera el problema, dado que cuando se rompe esta polea, el sistema continúa distribuyendo alimento sin parar, amontonando el balanceado en donde haya quedado parado, es por esto que se debe cambiar el mecanismo de tracción de la tolva, o a su vez se debe colocar un sensor de distancia que informe al sistema que la tolva está desplazándose mientras distribuye alimento, si no se desplaza el sistema debe parar la distribución de alimento.
- El diseño actual de la banda transportadora de excremento solo cubre la superficie de las jaulas, generándose una acumulación de excrementos en los extremos, mismos que tienen que ser limpiados manualmente, es por esto que se recomienda aumentar 150 mm a cada lado el ancho de la banda para extraer todos los excrementos eficazmente.
- La tarjeta de control fue desarrollada para activar/desactivar cargas inductivas por medio de relés, mismos que aíslan la parte de control de la de potencia, pero esto no es suficiente para aislar del ruido, es por esto que se recomienda además de los relés aislar las salidas con optoacopladores, y para tener mayor inmunidad al ruido aterrizar la placa.
- Se han dado casos en donde se produce un corte de la energía eléctrica y las variables que estaban seteadas para activar un sistema como por ejemplo, el de iluminación se resetean y toca esperar que el sistema active en la próxima alarma, es por esto que se recomienda colocar encendidos y apagados manuales del sistema general.
- En los sensores analógicos se tenían fluctuaciones en las medidas, por esto se recomienda colocar capacitores cerámicos de 100 nF. para eliminar perturbaciones que provocaban que las lecturas de los sensores no sean consistentes.
- En el software la iluminación está programada para encenderse cuando la cantidad de luz natural descienda de un rango, y apagarse cuando supere un

rango seteado, el sistema adquiere los datos del sensor y realiza la acción correspondiente, pero se notó que la cantidad de rayos luminosos que llegan a la fotoresistencia es fluctuante, lo que provoca que el foco se encienda y apague hasta que se superen con un 10% los rangos seteados, es por esto que se recomienda reemplazarle por un módulo BH1750 que es un sensor digital de luz, con el cual ya no se tendría fluctuaciones.

REFERENCIAS

- Agrocalidad. (2013). *Guía de Buenas Prácticas Avícolas*. Quito: Imprenta IdeaZ.
- Amarilla, P. J., & Albornoz, M. B. (2013). *Guía para el coturnicultor*. Buenos Aires: Dunken.
- Balcells, Daura, Esparza, & Pallás. (1991). *Interferencias Electromagnéticas en Sistemas Electronicos*. Barcelona: Marcombo.
- Barrientos, R. H. (2013). *Cría, producción y venta de carne de codorniz orgánica y subproductos*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. (2011). *Product design for manufacture and assembly*. New York: CRC Press.
- Cengel, Y., & Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. D.F.: McGraw Hill.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, Procesos y Sistemas*. Mexico: Prentice-Hall.
- Martin, A. B., & Gorroño, A. d. (2005). Desarrollo y construcción de prototipos electrónicos. En A. B. Martin, & A. d. Gorroño, *Desarrollo y construcción de prototipos electrónicos* (págs. 22-45). Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Martínez, M. L., & Ballester, L. A. (2004). *Cría de Codornices*. Buenos Aires: Grupo Imaginador de ediciones.
- Nova, A. B. (2008). Finanzas para no financistas. En A. B. Nova. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ogata, K. (2003). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid : Pearson Education.
- Rodríguez, F. O. (s.f.). Productividad de la codorniz ponedora. En F. O. Rodríguez, *Cría de codornices para pequeños emprendedores* (págs. 15-16). Mosaico.
- Rodríguez, F. O. (s.f.). *CRIA DE CODORNICES PARA PEQUEÑOS EMPRENDEDORES*.
- Scheurer, G. (2014). *Manual de buenas practicas en aves de postura comerciales*. Buenos Aires: Dunken.

Sole, A. C. (1997). *Instrumentación Industrial*. Barcelona: Marcombo S.A.

Uzcátegui, E. (2002). *Notas de curso de cria de codornices*. Quito: USFQ.

Uzcategui, E. (09 de Febrero de 2016). *Agrytec, Agronegocios y Tecnología*.